

EUR 4394 n

only one copy in

EUROPESE GEMEENSCHAP VOOR ATOOMENERGIE - EURATOM

LIBRARY

50 MWe KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

Jaarverslag 1968

1969



Verslag opgesteld door de
N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland - GKN /
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven - SEP/Nederland

Deelnemingscontract Nr. 006-63-4 REPN

BELANGRIJKE MEDEDELING

Dit document is opgesteld onder auspiciën van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Er wordt op gewezen dat de Commissie van de Europese Gemeenschappen, haar contractpartners of enige namens hen handelende persoon :

geenszins garanderen dat de in dit document vervatte mededelingen juist of volledig zijn, noch ervoor kunnen instaan dat het gebruik van enige in dit document vermelde mededeling, uitrusting, methode of procédé geen inbreuk maakt op uitsluitende rechten.

geen enkele verantwoordelijkheid aanvaarden voor schade die eventueel kan voortvloeien uit het gebruik van de mededelingen, uitrustingen, methoden of procédés die in dit document zijn beschreven.

Dit rapport wordt verkocht in de verkoopkantoren die op de achterzijde van de omslag zijn vermeld

tegen de prijs van Fl. 7,25	FF 11,—	FB 100,—	DM 7,30	Lit. 1250
-----------------------------	---------	----------	---------	-----------

Gelieve bij elke bestelling het nummer EUR en de titel, die op de omslag van elk rapport zijn vermeld, op te geven.

Gedrukt door SMEETS
Brussel, november 1969

Dit document is gereproduceerd op basis van de beste beschikbare copie.

EUR 4394 n

EUROPESE GEMEENSCHAP VOOR ATOOMENERGIE - EURATOM

50 MWe KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

Jaarverslag 1968

EUR 4394 n

50 MWe DODEWAARD NUCLEAR POWER PLANT -
Annual Report 1968

European Atomic Energy Community - EURATOM
Report prepared by the N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale
Nederland (GKN) / N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven
(SEP), Netherlands
Participation Contract No. 006-63-4 REPN
Luxembourg, November 1969 - 68 Pages - 12 Figures - FB 100

The year 1968 began with a memorable event in the construction history of the nuclear power station at Dodewaard, namely, the arrival on 4 January of the reactor pressure vessel, and ended with a no less important one, i.e., the completion on 29 December of the SEP serviceability test. On the strength of these two events, 1968 can certainly be considered a successful year, as is also borne out by the following review.



Verslag opgesteld door de
N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland - GKN /
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven - SEP/Nederland

Deelnemingscontract Nr. 006-63-4 REPN

SAMENVATTING

Het jaar 1968 begon met een markante gebeurtenis in de geschiedenis van de bouw van de kernenergiecentrale te Dodewaard, namelijk de aankomst van het reaktordrukvat op 4 januari, en het eindigde met een niet minder belangrijk gebeuren en wel met de voltooiing van de «SEP-bedrijfvaardigheidsproef» op 29 december. Uit deze twee evenementen blijkt wel dat het jaar 1968 voor GKN als een succesvol jaar kan worden beschouwd, wat door het volgende overzicht nog wordt verduidelijkt.

Terwijl op 6 maart in Dodewaard de werkzaamheden aan en om het reaktordrukvat nog in volle gang waren kon de eerste kritikaliteit van de kern in een kritische opstelling in Petten worden bereikt. Een maand later, op 2 april, kwamen de eerste splijtstofelementen op het terrein aan. Op 24 juni begon met het bereiken van de eerste kritikaliteit in het reaktorvat de testphase «nul-vermogen». Op 4 september kon met de testphase «nucleair opwarmen tot nominale temperatuur en druk» worden begonnen en op 7 oktober met de testphase «synchronisatie van de generator met het koppelnet». Tussen de verschillende testfasen vonden telkens beoordelingen van de resultaten door de reactorveiligheidsgroepen plaats.

Op 25 oktober leverde de centrale bij een elektrisch vermogen van 10 MW voor de eerste keer stroom in het nederlandse 150 kV koppelnet. Het vermogen van de reactor werd daarna trapsgewijs via 33%, 50% en 75% naar 100% MWt opgevoerd en op 14 december kon de reeds hierboven vermelde en voor alle nederlandse centrales vóór de inbedrijfstelling verplichte SEP-test worden begonnen.

TREFWOORDEN

SEP
PRESSURE VESSEL
CRITICALITY
FUEL ELEMENTS
TESTING
ELECTRICITY
GENERATORS
REACTOR SAFETY
STARTUP

INHOUDSOPGAVE

Bladzijde

1. ALGEMEEN	5
1.1. Doel en tijdvak	5
1.2. Inleiding	5
1.3. Organisatie	5
1.4. Opleiding bedrijfspersoneel	6
1.5. Vergunningen	7
1.6. Jaaroverzicht	7
2. SPLIJTSTOF	9
3. CIVIELTECHNISCHE EN BOUWKUNDIGE WERKEN	10
3.1. Inleiding en algemeen	10
3.2. Reactorgebouw	10
4. WERKTUIGBOUW	12
4.1. Inleiding	12
4.2. Montages in afvalgebouw	12
4.2.1. Bepaling decontaminatiequotient van de indampinstallatie	13
4.3. Montages rond het reactorvat	16
4.3.1. Algemeen	16
4.3.2. Het inlassen van regelstaafpijpen	18
4.3.3. Het splijtstofopslagbassin	22
4.4. Afstandsgereedschap	22
5. ELEKTROTECHNIEK	27
5.1. Inleiding	27
5.2. Afwerking installaties	27
5.3. Inbedrijfstellen hoogspanningslijn	27
5.4. Inbedrijfstellen en parallelschakelen van de generator	28
6. INSTRUMENTATIE	30
6.1. Inleiding tot de testen	30
6.2. Resultaten van de testen	30
7. SYSTEEM TESTEN	33

	<u>Bladzijde</u>
8. CENTRALE BEPROEVINGEN	35
8.1. Voorbereiding	35
8.2. Inleiding	36
8.3. Belangrijkste meetresultaten fysica voor testfase reactor op nul vermogen	36
8.4. Voorbeeld van een fysische testprocedure	38
8.5. Belangrijkste resultaten afschermings- metingen gedurende testfase 1	44
8.6. Referenties	44
8.7. Belangrijkste meetresultaten fysica tijdens testfase reactor op nominale druk en temperatuur brengen	45
8.8. Voorbeeld van een fysische testprocedure	46
8.9. Thermohydraulica	50
8.10. Reactorregeling	53
8.11. Overzicht van de belangrijkste stralings- controlemetingen	55

BIJLAGEN:

1a en 1b	Tijdschema werkzaamheden na aankomst reactorvat
2a en 2b	Detail lasconstructie
3	Thermohydraulica-berekeningen
4	Lokale neutronenfluxverdeling naast een volger
5	Vergelijking tussen berekende en gemeten vermogensverdeling
6	Vergelijking tussen gemeten en berekende axiale vermogensverdeling
Foto 1	Inhijsen reactorvat
Foto 2	Bovenaanzicht reactorvat gemonteerd
Foto 3	Regelzaal
Foto 4	Splijtstof laden

1. ALGEMEEN *)

1.1. Doel en tijdvak

Dit rapport is het jaarverslag over 1968, opgesteld in het kader van de overeenkomst met Euratom en wel volgens Bijlage III van de overeenkomst tot deelneming aan de 50 MWe kernenergiecentrale N.V. SEP d.d. 2 april 1963.

Alle rechten en verplichtingen ten aanzien van de bouw van deze centrale zijn door de in februari 1965 opgerichte N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland overgenomen. Een en ander is in de gemeenschappelijke bekendmaking van 2 februari 1965 van beide NV's, zowel GKN als SEP vastgelegd.

1.2. Inleiding

Getracht is ook bij het opstellen van dit jaarrapport zoveel mogelijk herhalingen en doublures van de eveneens krachtens de overeenkomst tot deelneming opgestelde kwartaalrapporten te vermijden. Wat betreft het vermelden van zuivere feiten is dit uiteraard moeilijk te ondervangen. Ook dit jaar is weer aan diverse leveranciers gevraagd een bijdrage bij het totstandkomen van dit jaarverslag te willen leveren, waarbij het accent is komen te liggen op een meer beschrijvend karakter van de installatie, gezien vanuit het standpunt van de leveranciers.

Daar tevens de voortgang van de werkzaamheden in de kwartaalrapporten zeer uitvoerig is beschreven en nauwkeurig is vermeld, is getracht in dit jaarverslag nog enige bijzondere facetten, welke niet in de kwartaalrapporten zijn opgenomen, te vermelden. In het bijzonder is aandacht besteed aan de werkzaamheden van de fysische groep van de GKN.

Een beknopt financieel overzicht over de activiteiten tot eind 1968 zal separaat aan U worden gezonden.

Ook dit maal zijn de verschillende tekeningen, foto's en andere zaken in een afzonderlijke bijlage opgenomen.

1.3. Organisatie

Zoals reeds in vorig verslagjaar werd gemeld, waren een montage-testgroep en een bedrijfstestgroep geformeerd; de montage testgroep zou de eerste testen uitvoeren, waarna de bedrijfstestgroep de werkende systemen nog eens speciaal op de functionele merites zou beproeven. Door personeels tekort is wel getracht volledige doublures van testen te beperken, hoewel de verantwoordelijkheden strict gescheiden werden gehouden. Bij het laden van de eerste splijtstofelementen in de reactor ging de leiding van de werkzaamheden in de centrale over op de bedrijfs groep; de montagegroep bleef echter bestaan, waarbij uit de aard der zaak met de verdergaande beproeving der centrale steeds

*) Manuscript ontvangen op 30 september 1969.

nauwer overleg tussen bedrijfs- en montagegroepen noodzakelijk werd.

Reeds in eind 1967 zijn de voorbereidingen begonnen voor de beproeving der centrale, waarbij vele groepen van het GKN zijn ingeschakeld, in het bijzonder voor de aspecten betrekking hebbend op de fysica, thermohydraulica en drukregeling en transiënten. Deze voorbereidingen betroffen het uitwerken der beproevings procedures, het berekenen der te verwachten resultaten en het gereedmaken van de voor de beproevingen benodigde instrumentatie. De belangrijkste procedures en beproevingen werden met General Electric besproken.

Tijdens de beproeving van de centrale zijn enkele stage-aires aanwezig geweest; deze kwamen zowel door bemiddeling van Euratom als op een direct verzoek van een zusterorganisatie in Zwitserland.

Volgens contract-afspraken heeft General Electric haar vertegenwoordiging bij GKN op 1 oktober opgeheven; zowel het personeel van het bureau als het bedrijfspersoneel dat de GKN reactor operators heeft geassisteerd zijn per 30 september vertrokken. Slechts een G.E. "start-up engineer" bleef tot 26 oktober; van deze ingenieur zijn waardevolle adviezen verkregen tijdens de eerste testfasen tot en met synchronisatie van de generator op het koppelnet.

De organisatie van het personeel tijdens de beproevingen was in principe gelijk aan die voor normaal bedrijf, alleen de technische steungroep werd uitgebreid.

Hiernaast assisteerden 2 ingenieurs in de beoordeling van testprogramma en resultaten.

Al deze extra krachten konden uit de GKN-organisatie worden betrokken.

Opleiding bedrijfspersoneel

Formele opleidingen zijn er niet meer geweest. Een betere opleiding echter dan het zelf actief meewerken aan het inbedrijfstellen der centrale kan men zich nauwelijks indenken. Ten gevolge van de ontwateringsmoeilijkheden met de turbine hebben vele reactorscrams en turbinetrips plaats gevonden. Technisch gezien waren dit onaangename situaties. De vele reactorstarts, turbinestarts en generatorsynchronisaties hebben echter wel het voordeel opgeleverd dat elke bedrijfsploeg zijn deel heeft gehad en hiermede belangrijke ervaring heeft opgedaan.

1.5. Vergunningen

De voorwaarden verbonden aan de vergunning ingevolge de Hinderwet en de vergunning "tot oprichting van een elektrische centrale waarin de energie geproduceerd zal worden door middel van kernenergie" werden aangeboden. Hierbij zou het Districts-hoofd der Arbeidsinspectie door reactorveiligheidsgroepen onder auspiciën van de Arbeidsinspectie en van Euratom worden geadviseerd. Door de medewerking van alle betrokken autoriteiten werd reeds binnen enkele dagen na de eerste 2 testfasen toestemming verleend voor een vervolg van het testprogramma.

De beoordeling van de laatste testfase tot een met vol vermogen van de centrale vond in januari plaats; op basis van de verstrekte testresultaten werd toestemming verleend de centrale in bedrijf te houden.

1.6. Jaaroverzicht

Het jaar 1968 werd zowel in het begin als aan het eind gemarkeerd door 2 bijzonder belangrijke evenementen, die het gehele jaar karakteriseren voor zover dit de afbouw en inbedrijfstelling van de kernenergiecentrale te Dodewaard betreft: op 4 januari kwam het reactorvat aan op het bouwterrein en op 29 december was voldaan aan de verplichtingen zoals verlangd door de in SEP-verband afgelegde bedrijfsvaardigheidsproef voor 50 MWe.

Wanneer men in het buitenland rekent op een periode van 9 á 12 maanden tussen aankomst reactorvat en laden eerste splijtstofelementen en hierna nog op een periode van 3 à 4 maanden voor de centrale beproevingen, geeft dit wel duidelijk aan dat 1968 voor GKN als een succesvol jaar kan worden aangemerkt.

Een verder overzicht van de jaaractiviteiten komt duidelijk tot uitdrukking in onderstaand tijdschema.

Aankomst reactorvat op bouwterrein	4 januari
Eerste kritikaliteit van de kern in een kritische opstelling in Petten	6 maart
Aankomst eerste splijtstofelementen op het terrein	2 april
Begin van laden splijtstofelementen	23 juni
Eerste kritische kern in het reactorvat	24 juni
Vergunning om met volgende testfase te beginnen	9 augustus
Begin van testfase nucleair opwarmen tot nominale temperatuur en druk	4 september

Einde van testfase nucleair opwarmen tot nominale temperatuur en druk	26 september
Vergunning om met volgende testfase te beginnen	1 oktober
Begin van testfase eerste synchronisatie van generator met koppelnet	7 oktober
Eerste synchronisatie van generator met koppelnet	25 oktober
Einde van 33% testfase	11 november
Begin van 50% testfase	12 november
Einde van 50% testfase	14 november
Begin van 75% testfase	15 november
Einde van 75% testfase	5 december
Begin van 100% testfase	6 december
Eerste maal 100% MWt	6 december
Eerste maal 50 MWe	13 december
Einde van 100% testfase	13 december
Begin SEP test	14 december
Einde SEP test	29 december

2. SPLIJTSTOF

De splijtstofbundelfabrikage is achteraf gezien vlot verlopen, alhoewel het originele tijdschema niet aangehouden kon worden. Vele deelproblemen bij de fabrikage leidden tot extra werk en daaruit volgend vertraging ten opzichte van dit originele tijdschema.

Dit was ook nauwelijks anders te verwachten, gezien de veelheid van problemen, die in een tijdsbestek van ca. twee jaar opgelost dienden te worden, waarbij nog inbegrepen de serie produktie.

Philips heeft echter op een zeer elegante wijze al deze problemen opgelost, zodat geen noemenswaardige onvoorziene complicaties optraden.

De totale bovengenoemde vertragingen konden geaccepteerd worden ten opzichte van het feitelijke toeleveringsschema van de centrale.

Het transport van de bundels naar Dodewaard en de inspectie in Dodewaard hebben tot geen enkele moeilijkheid geleid.

De opslag in Dodewaard leidde niet tot complicaties, nadat ook hiervoor de mogelijke problemen van te voren zo goed mogelijk geanalyseerd en zonodig vroegtijdige wijzigingen aangebracht waren. Gezien de beperkte capaciteit van de normale opslagruimte voor nieuwe splijtstofelementen werd tijdelijk gebruik gemaakt van het opslagbassin voor afgewerkte elementen, dat echter droog werd gehouden.

3. CIVIELTECHNISCHE & BOUWKUNDIGE WERKEN

3.1. Inleiding en algemeen

Nadat direct bij het begin van 1968 het reactorvat in de reactorkamer werd geplaatst, kon worden begonnen met de definitieve afwerking van het reactorgebouw, waarvan het dak voorzien was van een tijdelijke overkapping, boven het hart van de reactorkamer.

Speciale aandacht moest nu geschonken worden aan het schoonhouden van vele bedrijfsruimten, hoewel daar nog volop gemonteerd werd. Met name op de 3600 m+ NAP vloer van het reactorgebouw is alles in het werk gesteld om gedurende de montageperiode zoveel mogelijk stofvrij omstandig te handhaven.

Ook in de andere gebouwen kwamen de montages in een eindfase en vrijwel alle ruimten en systemen konden na een grondige schoonmaakbeurt worden overgedragen aan de bedrijfsleiding. De gootdeksels konden alle worden gelegd en van neopreen afdichtingstrippen worden voorzien.

Met het afvoeren van terreinketen en overtollige materialen werd het gehele terrein in gereedheid gebracht om te worden gecultiveerd. De definitieve omheining met toegangspoort werd aangelegd.

In het najaar is het grootste gedeelte van de beplanting aangebracht en is de gehele bestrating gereed gekomen.

Tevens zijn alle daken definitief gereed gemaakt en is de bliksembeveiliging aangebracht.

In het afvalverwerkingsgebouw konden de bouwkundige werkzaamheden praktisch worden beeindigd, gedeelten van vloer-afwerking en schilderwerk houden gelijke tred met de afmontage van de installatie en zullen nog enkele maanden voortduren. Tussen het afvalgebouw en de "schone" bedrijfsruimte werd een duidelijke afscheiding gemaakt voor wat betreft toegankelijkheid en gebruik, dit in verband met de inmiddels ingestelde controle op alle werkzaamheden in gebieden waar radioactieve straling en besmetting zouden kunnen voorkomen.

3.2. Reactorgebouw

Overeenkomstig de gestelde eisen aan de luchtdichtheid van het reactorgebouw is het dak voorzien van een luchtdichte tussenlaag als waarborg tegen mogelijke luchtlekkage van binnen naar buiten.

Hiertoe was in het ontwerp opgenomen een bitumenvulling van de gootjes die ontstonden bij het aan elkaar bouwen van de Robertsondakplaten.

Deze platen zijn 60 cm breed en zijn opgelegd op de gordingen van de staalconstructie. De totale lengte van de naden, en dus de goten bedroeg ongeveer 1100 meter. Over de dakplaten was een plastic folie gelegd en geheel luchtdicht gelijmd aan de randen van de beplating van de staalconstructie en vormde zodoende een tweede barrière tegen lekkages.

Op de folie werd een isolatielaag van bimsbeton (tevens ballastlaag) aangebracht, afgewerkt met 2 lagen dakleer.

Toen de dakafwerking, inclusief borstwering, bijna gereed was, werd in het gebouw geconstateerd dat de bitumen door de felsnaden van de Robertsonplaten naar beneden lekte en naar mate de buitentemperatuur steeg, werd dit verschijnsel erger. Van een luchtdichte verbinding kon niet meer gesproken worden, bovendien was deze bitumenlekage onaanvaardbaar, nog wel boven het open reactorvat. Besloten werd deze constructie te herzien en de gehele dakopbouw opnieuw en verbeterd uit te voeren.

Aangezien reeds met het aanvoeren van splijtstof was begonnen, moest worden voorkomen dat het gebouw langdurig open zou zijn of zelfs maar vuil zou worden. Een gelukkige omstandigheid was dat de Robertsonplaten konden blijven liggen en dat met een tijdelijke zeiloverspanning het gevaar voor regenwater tegengegaan kon worden. In een zeer hoog tempo is toen de dakafwerking gesloopt en zijn de bitumen uit de gootjes verwijderd.

Nadat verschillende proeven waren genomen met twee-componenten materialen zijn de goten opnieuw gevuld met epoxykoolteer. Deze voegvulling geeft een goede hechting aan de staalplaten en behoudt een geringe elasticiteit, terwijl de massa niet weg kan vloeien.

Voor de toe te passen luchtdichte folie werd een butylrubber gekozen, die sterker en elastischer is dan de plastic folie, welke toch wel gebreken vertoonde toen het dak werd gesloopt.

Om de dakplaten te egaliseren is gebruik gemaakt van poly-urethaan, gespoten in de goten op de epoxyteer en verder in alle profielen in de dakplaten. Hierdoor kon worden vermeden dat vocht gebracht werd onder de te leggen butylfolie. De luchtdichte laag maakt immers, dat opgesloten vocht vrijwel altijd moeilijkheden zal opleveren. Bij een normale, niet luchtdichte dakconstructie zou men hier ventilatie toepassen. Op de butylfolie is weer een isolerende laag bimsbeton aangebracht, waarna het dak, met de borstweringen, is afgewerkt met 2 lagen dakleer.

Het aanvoeren van splijtstof heeft slechts een minimale vertraging opgelopen, omdat, nadat de epoxyteervulling aangebracht was, het gebouw luchtdicht en schoon kon blijven, hetgeen na ca. 14 dagen het geval was.

4. WERKTUIGBOUWKUNDIG

4.1. Inleiding

Behalve de installaties in het afvalgebouw kwam de centrale in 1968 praktisch gesproken geheel gereed. Het jaar ving aan met het inhijzen en monteren van het reactorvat en eindigde met het afleggen van de SEP-proef voor de gehele centrale, hetgeen wil zeggen dat de installaties op dat moment functioneerden. In deze periode viel naast de afwerking nog veel zwaar en omvangrijk montagewerk te verzetten, zowel aan de reactor met toebehoren als aan de turbine.

De turbine kwam geheel gereed in september, zodat in oktober stoom ontvangen kon worden.

De bijgevoegde tijdschema's maken het mogelijk een vergelijking te maken tussen het bouw- en het startplan en het gerealiseerde tijdschema dat ca. 3 maanden achter loopt op het eerste plan. (Zie bijlagen 1a en 1b).

4.2. Montages in afvalgebouw

Het leidingwerk in het afvalgebouw is in deze periode bijna geheel gereed gekomen. Uitsluitend enig leidingwerk van het fundafiltersysteem dient nog gemonteerd te worden.

De instrumentatie en besturingen zijn gereed gekomen behoudens de benodigde systemen voor de afvalstoffenverwerkingsinstallaties. Deze waren aan het eind van het jaar in produktie.

De precoatfiltersystemen zijn gereed gekomen en in bedrijf gesteld. Met deze systemen zijn betrekkelijk weinig moeilijkheden ondervonden. Een van de belangrijkste moeilijkheden is wel het feit dat de kogelkranen waardoor de afgewerkte precoatmassa afgevoerd wordt naar de afvalopslagtanks gaan lekken doordat verontreinigingen tussen kogel en zitting blijven zitten. Dit zal verholpen worden door het aansluiten van een spoelwaterleiding op de kogelkranen.

Tijdens het draaien van de kogel zal nu met behulp van een magneetafsluiter spoelwater worden gespoten in de ruimte tussen de twee afdichtingsringen, waardoor eventueel aanwezige verontreinigingen weggespoeld worden.

Tevens is nog geen oplossing gevonden voor de te geringe aanvoerhoeveelheid naar enige precoatfilters.

De afvalwaterindampinstallatie is geheel gereed gekomen.

Gedurende het derde en vierde kwartaal is de installatie meerdere dagen in bedrijf geweest met als in te dampen medium deminwater teneinde de goede werking van het geheel te controleren. Deze testen zijn uitgevoerd door de startup engineer van de leverancier, soms in tegenwoordigheid van centrale-personeel.

Door TNO is tijdens het derde kwartaal een rendements-test uitgevoerd teneinde het decontaminatiequotient van de installatie te bepalen. Deze test heeft als resultaat gegeven een decontaminatiequotient van 10^5 à 10^6 voor beide verdampingscircuits. Zie voor een verslag van deze test 4.2.1.

De afvalopslag tanks voor precoat en cycloonafval zijn reeds in gebruik genomen. Het pneumatisch niveaumeetsysteem van deze tanks werkt bevredigend. Besloten is in deze tanks een roerwerk in te bouwen, teneinde zeker te stellen dat afvoer van de opgeslagen vaste stoffen altijd mogelijk zal zijn. Opdracht voor de fabricage van deze roerwerken is reeds verleend en de voorbereidende werkzaamheden zijn gestart.

Verder zijn gereed gekomen en opgesteld de diverse onderdelen voor de afvalstoffenverwerkingsinstallatie t.w. transportbanen, cementtransportschroeven, cementmenger, afvaldoseertank, afvalbuffertank, fundafilterdoseerinrichting en vaten-sluitmachine.

Het roerwerk voor het mengen van cement en afval is gereed voor plaatsing

4.2.1. Bepaling decontaminatiequotient van de indampinstallatie

Deze test is in opdracht van de leverancier van de installatie uitgevoerd door het Analytisch Centrum van het Centraal Laboratorium TNO te Delft.

Deze test had tot doel de decontaminerende werking van de beide verdampingscircuits vast te stellen.

Methode van onderzoek

De beide verdampercircuits worden gevuld met gedemineraliseerd water waaraan ammoniumnitraat en verdund salpeterzuur is toegevoegd. Het toevoegen van ammoniumnitraat heeft ten doel een zekere zoutconcentratie te creëren (ca. 0,4 gew. % in het eerste circuit en ca. 5 gew. % in het tweede circuit), terwijl door het toevoegen van verdund salpeterzuur een zwak zuur milieu (ca. pH=4) geschapen wordt, hetgeen de vorming van ongewenste onoplosbare verbindingen (b.v. carbonaten) tegen gaat.

Het water dat door verdamping verdwijnt uit de circuits wordt aangevuld met gedemineraliseerd water vanuit de voeding, zodat gedurende het gehele experiment in de circuits een min of meer constante pH en zoutconcentratie gehandhaafd zijn.

Voorts wordt aan de waterige oplossing in beide verdampercircuits het niet-radioactieve kenelement dysprosium in de vorm van dysprosiumnitraat toegevoegd.

De concentratie van dit kenelement in de beide verdampercircuits wordt bepaald (vóór en na het indamproces), terwijl eveneens in het overgedestilleerde condensaat het gehalte aan kenelement wordt bepaald.

De verhouding van de concentratie van het kenelement in het verdampercircuit tot de concentratie van het kenelement in het overgedestilleerde condensaat wordt het decontaminatiequotient genoemd. Dit is een maat voor het zuiveringseffect.

Uitvoering van de proef

Aan het grotendeels met gedemineraliseerd water gevulde circuit van de eerste verdamper werd 10 liter waterige oplossing toegevoegd bevattende:

- a) \pm 13 gr dysprosium (als dysprosiumnitraat)
- b) \pm 6 kg ammoniumnitraat
- c) 1,5 liter salpeterzuur 0,1 m.

(Het gebruik van ammoniumnitraat heeft het voordeel dat dit later bij bestraling met thermische neutronen niet wordt geactiveerd).

Het circuit van de eerste verdamper is vervolgens afgevuld met met gedemineraliseerd water tot een bekend volume (\pm 1500 l). Na het rondpompen van de vloeistof in het circuit, waardoor een goede menging wordt verkregen, zijn enkele monsters genomen ter bepaling van de beginconcentratie aan dysprosium. Vervolgens werd het indamproces gestart en werden met regelmatige tussenpozen monsters genomen van het condensaat. Na beëindiging van het indamproces zijn na gedeeltelijke afkoeling, wederom monsters genomen van de vloeistof in het eerste verdampercircuit.

Eenzelfde proef vond plaats voor de tweede verdamper. Aan dit circuit werd toegevoegd:

- a) \pm 6 gr dysprosium (als dysprosiumnitraat)
- b) \pm 10 kg ammoniumnitraat
- c) 200 ml salpeterzuur 0,1 m.

Bij elke monsternamen werd van het condensaat ca. 1 liter opgevangen in een erlenmeyer waarin van te voren 1 g ammoniumnitraat en 1 ml geconcentreerd salpeterzuur waren gebracht ter voorkoming van adsorptieverschijnselen. Hierna werd onmiddellijk een deel van het condensaatmonster overgebracht in polyetheen bestralingsbuisjes, welke vervolgens werden dichtge-seald, terwijl een ander deel ter bewaring werd overgebracht in Pyrex kolfjes.

De bestralingen van de monsters zijn uitgevoerd in de Hoger Onderwijs Reactor te Delft bij een flux van $1,2 \times 10^{12} \text{ n/sec.cm}^2$. Door bestraling met thermische neutronen wordt uit het stabiele ^{164}Dy het radioactieve ^{165}Dy ($t_{1/2} = 140 \text{ min}$) gevormd.

Om verliezen aan dysprosium te voorkomen zijn de condensaatmonsters na bestraling niet uit de bestralingsbuisjes gespoeld, maar werden de polyetheenbuisjes met monster gedestruëerd met zwavelzuur/perchloorzuur, gevolgd door extraktie van het dysprosium.

Door een snelle, selectieve extraktie van dysprosiumsulfaat door middel van een tertiair alkylamine met xyleen als organische fase, werd een goede scheiding van de rest-activiteit verkregen. (Het toegepaste analyse voorschrift is in zijn geheel getest met behulp van tracers; de chemische opbrengst bedraagt 98-99%).

De andere monsters (2x3, genomen van de waterige oplossing in de verdampercircuits) konden na bestraling direct worden gemeten. De aktiviteitsmetingen werden uitgevoerd met een 3" x 3" NaJ (TL) putkristal.

Resultaten

1. Monsters van de waterige oplossing uit de verdampercircuits.

	Eerste verdamper eenheid	Tweede verdamper eenheid
Beginwaarden	ng Dy/ml ₃ 7,5 x 10 ³ 7,5 x 10 ³	ng Dy/ml ₃ 36 x 10 ³ 36 x 10 ³
Eindwaarde	7,7 x 10 ³	30 x 10 ³

Voor de berekening van het decontaminatiequotient wordt voor de eerste verdamer 7,6 x 10³ aangehouden en voor de tweede verdamer 33 x 10³ ng Dy/ml.

2. Condensaat monsters.

Monster genomen na:	Eerste verdamper eenheid	Tweede verdamer eenheid
	ng Dy/ml	ng Dy/ml
ca. 2 uur	0,015	0,08
ca. 3 uur	0,002	0,18
ca. 5½ uur	0,011	0,08

Het condensaat bevatte zeer weinig dysprosium. Daardoor is bij de telling een minder gunstige "signaal/achtergrond" verhouding verkregen, hetgeen een zekere spreiding in de analyseresultaten geeft.

3. Decontaminatiequotient

Eerste verdamper eenheid		Tweede verdamper eenheid	
berekend	grootte-orde	berekend	grootte-orde
$0,5 \times 10^6$	$10^5 \text{ à } 10^6$	$0,4 \times 10^6$	$10^5 \text{ à } 10^6$
4×10^6	$10^6 \text{ à } 10^7$	$0,2 \times 10^6$	$10^5 \text{ à } 10^6$
$0,7 \times 10^6$	$10^5 \text{ à } 10^6$	$0,4 \times 10^6$	$10^5 \text{ à } 10^6$
Resultaat	$10^5 \text{ à } 10^6$	Resultaat	$10^5 \text{ à } 10^6$

4.3. Montages rond het reactorvat

- 4.3.1. Daar het reactorvat veel later in Dodewaard afgeleverd is dan verwacht was en de GKN deze vertraging niet geheel door wilde laten werken op het gereedkomen van de centrale, diende de volgorde van de montage in de reactorkamer gewijzigd te worden. Dit resulteerde in constructiewijzigingen van details van diverse componenten.

Eind december waren die onderdelen in de reactorkamer gemonteerd, die het inhijsen van het reactorvat niet in de weg stonden.

De betonbakken in de reactorkamer, aangebracht als stralingsafscherming, zijn in 4 segmenten gedeeld en buiten de reactorkamer volgestort. Verschillende bakken konden reeds in de reactorkamer geplaatst worden en tevens konden de delen van het thermische schild in de reactorkamer opgehangen worden. Diverse pijpen konden gemonteerd worden. Om na de komst van het reactorvat de componenten snel te kunnen monteren, hebben diverse onderdelen een proefmontage ondergaan.

Begin januari 1968 is het reactorvat te Dodewaard aangevoerd en op 6 januari over de kraanbalk op zijn plaats gebracht. De luchtdichte beplating tegen de staalconstructie boven 36 m+ was reeds aangebracht; het demontabele gedeelte boven de kraanbaan dat loopt over het reactorvat is tijdelijk weggenomen. Met behulp van een tijdelijke kap is het reactorgebouw na het inhijsen van de zware delen weer winddicht gemaakt, waardoor het gebouw midden in de winter een minimale tijd geopend was.

Hierna heeft RDM de regelstaafpijpen en flux-monitorpijpen ingelast.

Gelijktijdig hebben aan de buitenzijde van het vat de firma's Wescon en Werkspoor de onderdelen resp. pijpen gemonteerd. Door de nauwe ruimte tussen vat en kamer was de montage slechts in één volgorde uit te voeren. De beide firma's hebben om beurten in 2 ploegen gewerkt. Het is ook voorgekomen, dat een der firma's overdag en de ander in de avonden werkte.

Door ter plaatse van betonbak II een houten afdichting te bouwen was het mogelijk tegelijkertijd boven en onder deze afscheiding te werken.

Om weinig leegloop gedurende deze montage te krijgen, moeten de firma's die bij de werkzaamheden van het kritische pad betrokken zijn, in ruime mate andere montagewerkzaamheden in de centrale hebben, opdat de vakmensen elders ingezet kunnen worden.

Daar RDM in het begin problemen had met de uitlijning van de regelstaafpijpen zijn deze werkzaamheden in volcontinu-dienst uitgevoerd.

Het monteren van het binnenwerk, de voorzieningen voor het staalonderzoekprogramma en de thermokoppels voor temperatuurmeting is eveneens in volcontinudienst geschied.

Behalve bovengenoemde firma's, die het meest omvangrijke deel van het werk in de reactorkamer hebben verricht, zijn er ook verschillende andere firma's werkzaam geweest.

De firma Carlo Gavazzi, die het regelstaafaandrijfsysteem heeft geïnstalleerd, moest in de reactorkamer 2 x 37 leidingen aansluiten op de flenzen voor regelstaafmotoren. Door de krimp van de lassen in de doorvoeringen van de reactorkamer werden de regelstaafpijpen iets kromgetrokken.

De RDM heeft echter de stand van de regelstaafpijpen ten opzichte van de kernplaat en het rooster in de schoorsteen nagemeten, de afwijkingen lagen binnen de gespecificeerde waarden.

Door het lassen van de aansluitende pijpen in de flenzen van de regelstaafpijpen werden de flenzen ter plaatse van de las 0,1 - 0,2 mm hol. Daar ook op deze plaats de 0-ringafdichting van de in- en uitlaatpoorten moet afdichten, was de vlakheid van verschillende flenzen onvoldoende. Met een slijpinstallatie zijn daarom 20 flenzen vlakgeslepen. De ruwheid van het oppervlak werd echter hierdoor te groot, zodat ter plaatse van de 0-ringen de flenzen gelept moesten worden. Na de pijpmontage van de aansluitende leidingen op het reactorvat heeft Isola deze geïsoleerd. De isolatie zelf bestaat uit lagen gekreukelde aluminiumfolie afgedekt met een aluminiumplaat. Daar de aluminiumfolie op zich zelf geen sterkte heeft, verdient het aanbeveling de steunen en de beplating als stevige constructies uit te voeren, hetgeen in het onderhavige geval is gebeurd.

Als laatste heeft de firma Electron de instrumentatie en de besturing voor motoren van ventilatoren en afsluiters aangebracht.

4.3.2. Het inlassen van regelstaafpijpen in het reactorvat

Beschrijving van de constructie

Door de bodem van het reactorvat steken 37 regelstaafpijpen en 22 fluxmonitorpijpen. De pijpen zijn van roestvrijstaal, hebben een lengte van ongeveer 2700 mm en zijn aan het onderende voorzien van een, eveneens roestvrijstalen, flens. //

Essentieel is dat na het inlassen van de pijpen, de hartlijn evenwijdig ligt aan de hartlijn van het vat. De uitlijningheid mag niet meer dan 0,38 mm over de volle pijplengte bedragen. Dit is voor een gelaste verbinding uiteraard een zeer zware opgave en maakt dan ook bijzondere, gedeeltelijk constructieve maatregelen nodig voor het beheersen en meten van de beweging gedurende het lassen.

Tot de constructieve maatregelen behoren o.a. de tot 0,15 mm beperkte speling tussen pijp en gat en het op 0,03 mm bewerken van de pipeinden voor het juist centreren van meetdoelen.

De regelstaafpijpen zijn geplaatst in een rechthoekig patroon met een steek van 254 mm. De pijpen hebben een diameter van 140 mm en steken 200 tot 500 mm boven de las uit. Tussen de regelstaafpijpen zitten dan nog eens de fluxmonitorpijpen, zodat de bereikbaarheid en het zicht op de las beperkt zijn. Het detail van de lasconstructie is weergegeven in bijlage 2.

Toegang tot het werk

Ten behoeve van het stellen van de regelstaafpijpen is het onderste rooster van het binnenwerk als hulpmiddel gebruikt. Hierin zit een gatenpatroon dat precies overeenkomt met dat van de gaten in de bodem van het vat. Gebruikelijk is dat eerst de kernmantel in het vat geplaatst wordt en vervolgens het kernondersteuningsrooster. Doordat het vat echter geen recirculatiestompen heeft en de spleet tussen kernmantel en vatwand te smal is voor het doorlaten van personen, is het rooster op de vatflens gelegd 12 meter boven het werk. De enige toegang tot de ruimte in het vat is een mangat van 350 x 450 mm naast het rooster. De onderzijde van het vat ligt ruim 8 meter boven de vloer van de reactorkamer en is toegankelijk door een sluis met een diameter van 1,5 meter. De verbinding tussen binnenzijde en onderzijde van het vat loopt via de 36 m vloer en het trappenhuis.

Het stellen van het rooster

Het was oorspronkelijk het plan voor het stellen van het kernondersteuningsrooster ten opzichte aan het gatenpatroon in de bodem, gebruik te maken van schietloden. Hiertoe was zeer nauwkeurig hulpgereedschap ontwikkeld en vervaardigd. De metingen gaven uitkomsten welke met de tijd sterk bleken te variëren. Metingen met een waterpas bevestigden het vermoeden, dat het vat niet absoluut stil stond. Aangezien er

// De uiteinden van deze pijpen zijn volgens zeer nauwkeurige toleranties bewerkt.

onvoldoende tijd was om de oorzaak te analyseren, kan hiernaar slechts gegist worden. Toch moge het nuttig zijn enkele mogelijke **oorzaken** te noemen, zoals:

1. het dak van het gebouw was nog niet afdoende afgedekt;
2. extreem lage en hoge waterstanden, welke binnen enkele dagen plaats vonden en extra zetten van het gebouw tot gevolg kunnen hebben;
3. grote temperatuurwisselingen van circa 10° dooi tot circa 15° vorst binnen enkele dagen;
4. het vat staat op 8 stalen kolommen. Een temperatuurverschil van één graad geeft reeds een scheefstelling van 0,4 mm, zodat tocht zeer wel de positie van het vat kan beïnvloeden;
5. naast het vat werden allerlei werkzaamheden uitgevoerd. Overigens bleek dat met het lichaam reeds een behoorlijke verplaatsing van de vatflens bereikt kon worden.

Naar aanleiding hiervan zijn o.a. de volgende maatregelen genomen:

1. het tochtvrij afsluiten van de ruimte boven het vat;
2. het tochtvrij afsluiten van de sluis;
3. het aanbrengen van schotten rondom de kolommen;
4. het beperken van andere werkzaamheden in de ruimte rondom het vat;
5. het vat wordt zijdelings afgesteund tegen de reactorkamer.

Bovendien wordt het rooster met behulp van haastig klaargemaakte gereedschappen optisch uitgelijnd ten opzichte van het gatenpatroon in de bodem. Dit is als volgt gebeurd:

- a. met behulp van 4 vizzels aan de zijkant wordt het vat waterpas gesteld;
- b. in twee gaten van het rooster worden Taylor Hobson kijkers vertikaal opgesteld;
- c. in de twee corresponderende gaten in het vat worden optische doelen geplaatst;
- d. het rooster wordt zo lang verschoven tot de kruisdraden van de kijkers goed staan ten opzichte van de doelen;
- e. in deze stand wordt het rooster gefixeerd.

Het inbrengen en stellen van de pijpen

In het vat is een kraan met een kat gemonteerd, die boven elk gat gebracht kan worden. Onder het vat is een verrijdbare balk aangebracht. Op deze balk bevindt zich een eveneens verplaatsbare hydraulische vizzel, waarmee de hoogte van een pijp in het gat geregeld kan worden.

De bovenkant van de vijzel is uitgevoerd als een contraflens, welke met paspennen in de flenzen van de regelstaafpijpen past. Tevens kan door **blokkering** van de balk op de rails en van de vijzel op de balk, de pijp tijdens het lassen op de plaats gehouden worden.

De werkwijze voor het inbrengen van de pijpen is als volgt:

1. De vijzel onder het vat wordt met behulp van een schietlood uit het kernondersteuningsrooster, zo goed mogelijk in de juiste positie gesteld. Na vastzetten van de aanslagen wordt de vijzel weggereden.
2. Een optisch doel wordt centrisch in het gat gemonteerd en een Taylor Hobson kijker wordt in het overeenkomstige gat in het rooster geplaatst. De kijker wordt zo ingesteld, dat de kruisdraad van de kijker en het hart van het doel samenvallen. De stand van de kijker wordt gefixeerd. Het doel wordt verwijderd.
3. Een pijp wordt door de sluis aangevoerd en met het kraantje door het gat ingehesen. De vijzel wordt onder de pijp tegen de aanslagen gereden en vastgezet.
4. De pijp wordt met de vijzel op hoogte ingesteld. De hoogte wordt bepaald door de afstand tussen pijp en de bovenkant van de ondersteuningsstoelen van de kernmantel, en bedraagt 359,30 tot 359,35 mm. De juiste hoogtemaat ende x- en y-coördinaten worden vastgelegd. (N.B. de paspennen in de contraflens van de vijzel garanderen een juiste gradenstand van de pijp).
5. De pijp wordt met vier lasjes van 6 mm lengte gehecht. De lassen tegenover elkaar, worden gelijktijdig door twee lasers gelegd.
6. Na het hechten laat men de vijzel zakken en weggrijden. De hoogtemaat en de x- en y-coördinaten worden weer gemeten en vastgelegd.
7. Drie doelen worden in de pijp gemonteerd, nl. boven, midden en onder. Met de kijker wordt gecontroleerd hoe de doelen liggen ten opzichte van de ingestelde lijn.
8. De onderkant van de pijp wordt met behulp van keggen tussen de opvangconstructie in de juiste positie gedwongen.
9. Aan de bovenkant van de pijp worden op 0° en 90° meetklokjes gemonteerd. Met het lassen wordt erop gelet de bovenkant van de pijp zo goed mogelijk in positie te houden.
10. De laskelk wordt in drie etappes volgelast. Na elke etappe worden de hoogtemaat en de x- en y-coördinaten gemeten en vastgelegd.
11. Na het voltooiën van de las worden de keggen aan de onderzijde verwijderd en de afwijking van de juiste stand aan boven- en onderzijde met de kijker bepaald.

12. De bovenkant van de pijp wordt door extra lasrupsen in de lijn gebracht en de onderzijde wordt door het inbrengen van warmte in de lijn gebracht. De toegestane tolerantie bedraagt aan de bovenzijde 0,5 mm en aan de onderzijde 0,38 mm ten opzichte van de bovenkant.
13. Na het afkoelen wordt de stand met de Taylor Hobson kijker nagekeken en de afwijkingen worden in het meetrapport vastgelegd.

Lasprocedure en inspectie

Alle laskelken worden voor het transport van het vat visueel en met een penetrante vloeistof onderzocht. Eventuele fouten worden weggeslepen. Voor de aanvang van het lassen worden de laskelken met een roestvrijstalen borstel en een in aceton gedrenkte doek schoongemaakt.

Arosta

Gelast wordt met de 4 mm/304L beklede elektrode, fabrikaat Smit. De elektroden worden voor gebruik bewaard in een oven op 110 à 130°C. De lassers hebben slechts de beschikking over kleine aantallen, die in geïsoleerde kokers boven 100°C worden gehouden.

De stroomsterkte bedraagt ongeveer 120 Ampère en het voltage ongeveer 22 Volt. Na elke rups wordt de slak met behulp van een hamer en een roestvrijstalen borstel verwijderd en de lasrups visueel geïnspecteerd.

Een penetrant onderzoek wordt uitgevoerd nadat de laskelk voor 1/3, 2/3 en geheel gevuld is. Eventuele indicaties wordt weggeslepen en opnieuw onderzocht. Het lassen gebeurt gelijktijdig door twee lassers met twee elektroden die 180° ten opzichte van elkaar bewegen. Gedurende het lassen wordt gelet op de vorming van de pijp en worden, zonodig, corrigerende lasrupsen gelegd.

Het penetrant onderzoek wordt uitgevoerd door de Kwaliteitsdienst van de RDM, terwijl van de GKN voortdurend een inspecteur aanwezig is. De eindafname geschiedt door inspecteurs van de Dienst voor het Stoomwezen, General Electric en GKN.

Slotopmerking

De aanvankelijk geschatte tijdsduur voor de laswerkzaamheden bedraagt 4 weken, op basis van het meten met schietloden. Door de tegenslagen met het stellen van het kernondersteuningsrooster en het noodzakelijk overgaan naar een geschikte andere meetmethode, alsook het maken van hulpgereedschap daarvoor, is de aanvang der werkzaamheden ongeveer een week vertraagd. In het bijzonder hebben het onderzoek van de lassen en het meten van de positie door de veranderde werkwijze, veel meer tijd in beslag genomen. Niettemin zijn de laswerkzaamheden door ononderbroken werken in een maand voltooid.

Hoewel de nodige lasproeven te voren zijn uitgevoerd, moet men toch concluderen, dat het niet mogelijk is gebleken, de bouwplaats omstandigheden, beïnvloed door de barre weersgesteldheid, te voorspellen en na te bootsen. Het is echter verheugend te kunnen constateren, dat alle partijen zich tot het uiterste hebben ingespannen deze opdracht zo goed en vlot mogelijk te doen verlopen.

4.3.3. Het splijtstofopslagbassin

De wanden van het bassin zijn bekleed met 0,8 mm dik roestvrijstaalplaat. De plaats is aan de betonwand bevestigd door middel van een rasterwerk van koolstofstaal. Dit rasterwerk bestaat uit strip van 50 x 5 mm op een hartafstand van 500 mm. Het gehele raster is op de bekisting vastgezet en met de wanden ingestort, en zit met ankers in het beton vast. Bijzondere voorzieningen zijn hierbij getroffen om tot een maximale vlakheid van de wanden te komen, hetgeen een vereiste is om een goede bekleding te kunnen aanbrengen. Op het koolstofstalen raster zijn vervolgens roestvrijstalen strippen van 0,5 mm gepuntlast. Hierna werden de roestvrijstalen platen op maat geknipt en aangebracht. Ze werden vastgezet met puntlassen op de roestvrijstalen strippen op het raster. De langs- en dwarsnaden tussen de platen werden hierna "argon-arc" gelast. De bodem is bekleed met 3 mm roestvrijstaalplaat. De platen zijn bevestigd aan verticale strippen van 80 x 20 mm, waarop de splijtstofrekken geplaatst zijn. Tevens kan hierop de splijtstof transportkist neergezet worden.

De bovenranden, waarin de overloopgaten zijn opgenomen bestaat uit 5 mm roestvrijstaalplaat. Deze dikte was noodzakelijk, omdat de randen deel uitmaakten van de bekisting voor de betonnen aansluiting tussen 36 m + vloer en bassin. Na het lassen zijn alle naden door middel van een zeep-test onderzocht.

Ten behoeve van een lekdichtheidscontrole zijn onder de bodem afvoergoten aangebracht. Deze afvoergoten verdelen de bodem in compartimenten, die ieder een eigen afvoer hebben. Voor de lekttest is het bassin met water gevuld. Er bleek één klein lek te zijn. Dit kwam doordat een extra boutje, dat nodig was om het rasterwerk aan de bekisting te bevestigen niet verwijderd was. Nadat dit lek afgelast was, zijn geen lekkages meer geconstateerd.

4.4. Afstandsgereedschap

Het afstandsgereedschap is nodig om de diverse handelingen te kunnen verrichten, zowel in het opslagbassin als in het reactorvat. Deze afstandsgereedschappen zijn hoofdzakelijk:

1. "Sluisdeur sleutels"

Door Werkspoor N.V. te Amsterdam is de sleutel ontworpen en gemaakt voor het vastzetten en losnemen van (buiten-zeskant) bouten voor de sluisdeuren. Deze deuren staan in de sluis tussen opslagbassin en wisselbassin. De sleutels zijn pneumatisch bediende ratelsleutels die, aan de kabel van het wisselbordes hangend, met de manipuleerstokken op de (horizontaal staande) bouten worden geschoven.

Het aanhaalmoment van de bouten is in te stellen met de luchtdruk, die aan de sleutelcilinder wordt toegevoerd.

De volgende afstandsgereedschappen zijn vervaardigd door de machinefabriek van Philips te Eindhoven.

2. "Splijststofgrijper"

De splijststofgrijper dient voor het transport van zowel nieuwe als verbruikte splijststofelementen van het opslagbassin naar de reactor kern v.v.

De grijper hangt aan de kabel van het wisselbordes. De grijper bestaat in hoofdzaak uit twee verende haken omsloten door een geleidebus. De geleidebus zakt over de beugel van het splijststofelement, waarna de verende haken de splijststofbeugel omsluiten. Het losnemen van de grijper kan uitsluitend geschieden door met behulp van de manipuleerstok de gehele grijper te draaien tegen de veerspanning in en gelijktijdig te hijsen.

3. "Regelstaafgrijper"

De functie van deze grijper is om de regelstaven van het opslagbassin naar het reactorvat te transporteren v.v. De regelstaafgrijper is in opzet gelijk aan de splijststofgrijper; het verschil is in feite een grotere geleidebus voor het laten zakken over de beugel van de regelstaaf.

4. "Grijper voor tijdelijke regelbladen"

Deze grijper dient om de tijdelijke regelbladen (poison curtains) te transporteren van het opslagbassin naar het reactorvat v.v.

Ook deze grijper is met een veer uitgevoerd. Nadat de grijper over het blad is geplaatst wordt met behulp van de manipuleerstok de centrale stang van de grijper gedraaid, waardoor deze stang door middel van de veer naar boven beweegt en het blad "gevangen" is. Nadat het blad in de reactor kern is gehangen wordt de grijper losgekoppeld door indrukken van de veer (m.b.v. de manipuleerstok) en gelijktijdig draaien van de centrale stang.

5. "Voeringboutsleutel"

De voeringboutsleutel dient om de bouten, waarmee de splijtstofvoering (channel) op het splijtstofelement is vastgeschroefd, los c.q. vast te draaien. Met deze sleutel worden tevens de veerringen en de geleide veren van het splijtstofelement verwijderd c.q. aangebracht.

6. "Voeringgrijper"

De voeringgrijper dient voor het grijpen van splijtstofvoering als een splijtstofelement ontdaan moet worden van zijn voering. Hiertoe staat het element in de voering-trekker (zie later) (in het 8 m diepe opslagbassin); de voeringboutjes zijn reeds verwijderd (zie hiervoor). De voering wordt gepakt met de grijper en het splijtstofelement wordt uit de voering (naar beneden) bewogen. Montage van de voering geschiedt in omgekeerde volgorde. De grijper hangt aan de kabel van de wandkraan.

7. "Flux-detector grijper"

De F.D.grijper is een pneumatisch bediend afstandsge-reedschap. De grijper hangt aan de kabel van het wissel-bordes. De circa 7 meter lange fluxdetector hangt in de grijper. Het geheel wordt in de reactorkern neergelaten, totdat de grijper zich op het bovenrooster van de reactor-kern heeft gecentreerd. Door bedienen van de drie (3) lucht-cilinders wordt de fluxdetector achtereenvolgens inge-drukt, horizontaal bewogen onder het kernrooster, omhoog bewogen en losgelaten. De fluxdetector staat dan op zijn plaats in de kern, geklemd in het kernrooster.

8. "Geleiding voor fluxdetector"

De geleiding staat op de vierkante splijtstofsteun-plaat en geleidt de fluxdetector naar één van de vier (4) hoekpunten. De geleiding bestaat in feite uit een trechter-vormige plaat, die uitmondt in één der vier (4) hoeken van de splijtstofsteunplaat, waardoor de te plaatsen flux-detector de steunplaat kan passeren.

9. "Steunbalk voor fluxdetector"

De fluxdetector is een dunne circa 7 meter lange buis, die niet mag worden gebogen i.v.m. de in de buis aanwezige apparatuur. Om deze fluxdetector van horizontale positie te brengen in de vertikale positie (en ook voor het trans-port van de detector van de opslagkist naar het reactor-vat) is een stijve balk benodigd. Deze balk (met fluxdetector) kan tot boven het reactorvat in horizontale stand worden vervoerd, waarna de balk in de vertikale positie kan worden gebracht. Het transport geschiedt m.b.v. de 65/10 tons reactorkraan.

De vertikaal hangende balk wordt naar de fluxdetector gripper gevoerd, waarna de fluxdetector gripper de bovenkant van de fluxdetector grijpt. Vervolgens wordt de fluxdetector van de steunbalk losgekoppeld, waarna de balk voor een andere fluxdetector kan worden gebruikt.

De steunbalk wordt uitsluitend gebruikt voor nieuwe fluxdetectoren. De verbruikte fluxdetectoren worden onder water naar het opslagbassin vervoerd en verwerkt.

10. "Grijper voor splijfstofsteunplaat en geleidebuis"

Deze gripper is een pneumatisch bediend afstandsgereedschap. De functie van dit gereedschap is om zowel de splijfstofsteunplaat (Fuel Support Plate), als ook de regelstaafgeleidebuis (guide tube) uit het reactorvat te kunnen verwijderen en weer terugzetten.

De splijfstofsteunplaat wordt door middel van lucht uitbewogen vingers geklemd om de gripper en van de geleidebuis getrokken door de gripper te hijsen. Daar de splijfstofsteunplaat niet in horizontale stand het bovenste kernrooster kan passeren, moet de plaat in een verticale stand worden gebracht. Dit geschiedt door de plaat te laten scharnieren, hetgeen pneumatisch plaatsvindt. De vierkante plaat kan dan diagonaal door het vierkante bovenrooster worden bewogen.

Het verwijderen van de geleidebuis geschiedt op analoge wijze, echter de "scharnier fase" is hier niet van toepassing.

11. "Plug voor regelstaafpijp"

Deze plug dient voor het van bovenaf kunnen afsluiten van het in de vatbodem ingelaste regelstaafmotorhuis, wanneer de regelstaaf verwijderd is. Het bestaat in principe uit een rubberen bal, bevestigd aan een manipuleerstok.

12. "Plug voor Flux Detector Pijp"

Deze plug heeft dezelfde functie als de plug voor de regelstaafpijp, met dien verstande, dat de fluxdetector pijp van boven af kan worden afgesloten als de fluxdetector verwijderd is.

13. "Fuel-Hold-Down Grijper"

Deze gripper dient om de stangen te grijpen, die met een verende klemming aan de schoorsteen boven de kern is aangebracht. Deze stangen moeten eerst verwijderd worden vóórdat met splijfstofwisselen kan worden begonnen. Na afloop van het splijfstofwisselen dienen deze stangen weer op hun plaats te worden aangebracht.

14. Diverse "manipuleerstokken".

Deze stokken zijn vervaardigd uit aluminium pijp voor gewichtsbesparing. Ze dienen om de afstandsgereedschappen te kunnen sturen. De stokken zijn daartoe op verschillende lengten (verlengstokken) uitgevoerd en hebben zogenaamde bedieningskoppen, die passen op de diverse gereedschappen.

De Leidsche Apparaten Fabriek te Leiden heeft het volgende gereedschap geleverd:

15. "Voeringtrekker"

De voeringtrekker staat opgesteld in het splijtstofopslagbassin en dient voor het monteren en verwijderen van de splijtstofvoeringen (channels) van verbruikte en nieuwe splijtstofelementen.

Het gereedschap bestaat in grote lijnen uit een vertikaal langs geleidingen bewegende slede, die met de hand d.m.v. tandwielkast en ketting in beweging wordt gebracht. Op de slede wordt het te "strippen" splijtstofelement geplaatst in verticale stand. De voeringboutjes worden verwijderd m.b.v. de voeringboutsleutel en de voering wordt gepakt met de voeringgrijper. Nu kan het splijtstofelement door middel van de slede naar beneden worden bewogen, totdat de voering van het splijtstofelement losgekomen is. De plaatsing van de voering om het splijtstofelement geschiedt in omgekeerde volgorde.

De voeringen kunnen worden onderzocht op scheurtjes door de voering over een zuil op de voeringtrekker te plaatsen. In de zuil bevindt zich een onderwaterlamp, terwijl aan de buitenkant van de zuil een spiegel is aangebracht. Hierdoor zijn eventuele scheurtjes in de voering via de spiegel te zien.

Nog enkele onderwater/afstandgereedschappen zijn in ontwerpfase:

- De onderwater bankschroef, pneumatisch.
- De onderwater schaar, hydraulisch.
- De onderwater stofzuiger, elektrisch.

5. ELEKTROTECHNIEK

5.1. Inleiding

In dit verslagjaar zijn, afgezien van het gereedkomen van de secundaire installaties twee belangrijke feiten te vermelden, namelijk het inbedrijfnemen van de hoogspanningsverbinding in februari en het parallelschakelen van de generator op het Nederlandse net in oktober.

5.2. Afwerking installaties

De afwerking van de licht- en krachtinstallaties verliep aanvankelijk zeer stroef, vooral op het punt van de besturingscircuits van de elektrische werktuigen. Gebleken is, dat de installateur, welke G.K.N. in dienst had, niet bij machte was een werkwijze te volgen, welke enigszins afweek van hun normale werkmethoden.

Om deze moeilijkheden het hoofd te bieden heeft G.K.N. twee extra elektrotechnische opzichters geleend en voor het reactorgebouw en het ventilatiegebouw een andere installateur in dienst genomen.

Door deze maatregelen kon de installatie op een meer bevredigende manier afgewerkt worden.

Op verzoek van de Nederlandse Arbeidsinspectie en van Euratom is een ingrijpende wijziging aangebracht in de voeding van de motoren van het kerninundatiesysteem. De vier motoren zijn twee aan twee op gescheiden voedingsspanningen aangesloten. Hiervoor moesten schakelinstallaties omgebouwd worden en kabels verzaagd. Twee motoren kunnen nu tevens direkt gevoed worden uit het plaatselijk 10 kV-net via een transformator. Het systeem is zeer uitvoerig getest, waarbij vooral het in noodgeval starten en aanlopen op het dieselnoodstroomaggregaat ruim aandacht heeft gekregen.

5.3. In bedrijfstellen hoogspanningslijn

Nadat de beveiliging uitvoerig getest was, is de hoogspanningsverbinding vanuit het 150 kV-station Dodewaard stap voor stap in bedrijf genomen. Bij elke stap werden de noodzakelijke controles verricht op meetinstrumenten en standmelders. Voordat het eigenbedrijf omgeschakeld werd van de 10 kV bouwvoeding op de hoogspanningsverbinding, zijn de draaiveldrichtingen en fasegelijkheid gecontroleerd en in orde bevonden.

In verband met het feit, dat de lijn de eerste tijd onbewaakt in bedrijf zou moeten zijn, heeft G.K.N. tijdelijk extra uitschakelbevelen aangebracht, onder meer als gevolg van uitschakelen van de koeling van de machinetransformator.

Bij de eerste omschakeling sprak deze beveiliging aan, hetgeen direct onderkend werd. Nadat deze beveiliging tijdelijk onwerkzaam was gemaakt, is de hoogspanningslijn zonder moeilijkheden in bedrijf genomen.

5.4. In bedrijfstellen en parallelschakelen van de generator

De belangrijkste gebeurtenis in dit verslagjaar was de eerste geslaagde parallelschakeling van de generator op het net op 25 oktober 1968.

Hieraan ging een uitgebreide testfase voor de generator-beveiliging, spanning-regelaar, parallelschakelapparaat en generatorbekrachtiging vooraf. Deze is in twee gedeelten uitgevoerd, namelijk in een vroegtijdig stadium een grondige controle op de bekabeling en bedrading en functionele werking, waarmee werd bereikt, dat de tweede fase, bij draaiende machine zonder oponthoud als gevolg van aansluitfouten kon verlopen. Tijdens de tweede fase werd veel hinder ondervonden van het regelmatig uitklinken van de turbine, als gevolg van een slecht werkend ontwateringssysteem.

Het testprogramma bij draaiende machine kon mede vlot verlopen, doordat het programma grondig was besproken in detail en vastgelegd met de generatorleverancier en de leverancier van de beveiligingsinrichtingen. Tijdens testen was steeds voldoende deskundig en gespecialiseerd personeel van de leveranciers aanwezig. Een goede samenwerking was hiervan het gevolg.

Nadat de bekrachtigingsinrichting op spanning was gebracht, heeft de generator enige uren in kortsluiting gedraaid, totdat een voldoende hoge isolatieweerstand was verkregen. Tijdens dit proces is de kortsluitkarakteristiek van de generator opgenomen en vergeleken met die, welke tijdens de keuring in de fabriek verkregen was.

De beveiligingen zijn zoveel mogelijk overeenkomend met de werkelijkheid getest, dus met primaire stroom en spanning. Dit betekende tevens, dat aardsluitingen daadwerkelijk zijn aangebracht, dat bij parallel draaiende machine de bekrachtiging is uitgeschakeld, enz.

De draaiveldcontrole en de controle op fasegelijkheid van de spanningen heeft op oscillografische manier plaatsgevonden en niet zoals veelal gebruikelijk met een draaiveldmeter. Om absoluut zeker te zijn is vanuit het net teruggevoerd tot aan de generatorklemmen.

Als laatste controle op het parallelschakelapparaat is de vermogensschakelaar bij geopende scheider enige malen ingeschakeld met het automatisch parallelschakelapparaat.

De eerste parallelschakeling werd direct gevolgd door een uitschakeling, als gevolg van aanspreken van differentiaalbeveiliging van de machinetransformator. Vastgesteld is, dat de differentiaalbeveiliging geen fouten heeft, doch dat de parallelschakeling niet correct uitgevoerd was. Het bleek mogelijk de generatorschakelaar met een faseverschil van 90° in te schakelen. Hierna is één en ander gewijzigd in de schakeling van de parallelschakelapparatuur, waarop een geslaagde inschakeling volgde.

6. INSTRUMENTATIE

6.1. Inleiding tot de testen

Vooral de laatste helft van het afgelopen jaar is een functionele beproeving van de instrumentatie geweest. Gedurende deze periode moest blijken of de apparatuur aan de gestelde eisen voldeed; dit gold uiteraard ook voor het ontwerp en de testmethoden.

Alle instrumenten zijn na aankomst op de bouwplaats onderworpen aan een eenvoudige functionele test, waarbij tevens voorzover mogelijk de meetbereiken werden ingesteld of gecontroleerd. Controle van meetbereiken, instellingen van schakelpunten enz, werd vóór het bedrijfsgereed maken uitgevoerd voor de compleet geïnstalleerde meting of beveiliging. Een laatste functionele test van de instrumenten, in combinatie met het systeem waar ze deel van uitmaken, geschiedde bij de overname door het bedrijfspersoneel.

Niet standaard apparatuur zoals bijvoorbeeld de neutronenfluxmeetapparatuur is grondiger getest. Reeds tijdens de fabricage was de klant hier betrokken bij de kwaliteitscontrole. Ook aan de storingsgevoeligheid van deze apparatuur werd veel aandacht besteed, zowel in de fabriek als op de bouwplaats.

Belangrijke beveiligingssystemen, zoals bijvoorbeeld het reactorbeveiligingssysteem, zijn niet alleen functioneel getest, maar bovendien zijn bedrading, relais, schakelaars, externe bekabeling enz. beproefd op isolatie. Getest werd op 1000 V plus de werkspanning van het systeem (220 V~ en 42 V~), de isolatie weerstand werd gemeten bij 500 V.

6.2. Resultaten van de testen

In dit algemeen overzicht zullen niet de min of meer "normale" fouten, zoals aansluitfouten enz, opgesomd worden. Aansluitfouten waren reeds opgespoord bij het systematisch doortesten van de bekabeling. Uitgangsgegevens van deze controles zijn de bedradings en/of bekabelings tekeningen en gegevens. Fouten in tekeningen worden dan ook dikwijls nog opgevangen.

De meeste fouten die gevonden zijn waren of aansluitfouten op de meetwaardelogger of aansluitfouten op motorbesturingscircuits, ten behoeve van in/uit, storings- en standmeldingen. Deze fouten bleken echter vrijwel zonder uitzondering het gevolg van "communicatie storingen" tijdens de ontwerpfase te zijn.

Hoewel hinderlijk, waren deze onvolkomenheden toch niet van ernstige aard.

Van de belangrijkste systemen wordt hierna een kort overzicht gegeven van de gedragingen tijdens de inbedrijfstelling van de centrale.

De neutronendetectie- en de stralingsmeetapparatuur heeft zich uitstekend gedragen. Alleen tijdens de laagvermogenstest hebben zich moeilijkheden met de bereikenschakelaar van de beveiligingskanalen voorgedaan. (zie 3e kwartaalrapport). Deze moeilijkheden zijn echter definitief verholpen en hebben zich danook niet meer voorgedaan. Storingsgevoeligheid van storingsbronnen buiten deze apparatuur zijn nimmer een probleem geweest, hoewel de stortkanalen toch gevoelig bleken te zijn voor lasapparatuur in de centrale. De vermoedelijke oorzaak is een onvolkomen isolatie van de (incore) opnemer, althans het kabeldeel. Hierdoor ontstaan twee aardpunten, hetgeen zeer ongunstig kan zijn.

Met de lokale fluxmeetapparatuur (incore) zijn er echter ernstige moeilijkheden. Vijf van de vier en twintig opnemers waren defect door een gebroken keramische afdichting in het kabeldeel. Hierdoor dringt vocht in de kabel met als gevolg een zeer lage isolatieweerstand, waardoor een veel te hoge lekstroom ontstaat. De uitleesapparatuur voldoet evenwel goed.

Ook het neutronenijksysteem (TIP) veroorzaakt nog veel ongemak als gevolg van de moeilijkheden met de isolatieklepjes van dit systeem. Oorzaak hiervan is de lekkage in de reactorkamer gecombineerd met het feit dat de isolatieklepjes niet in een waterdichte behuizing (valve-module) zijn ondergebracht, zoals door General Electric geadviseerd was. Hierdoor is het ook mogelijk dat er vocht binnen het meet-systeem (geleide pijpen) dringt. Daar de meetkabel niet dicht en bijzonder hygroscoopisch is, kan dit de meting ernstig beïnvloeden. Er wordt momenteel naar een oplossing gezocht om dit euvel te verhelpen.

In het elektrisch deel van de regelstaafbesturing hebben zich twee storingen voorgedaan. Tijdrelais, die twee à drie maanden in bedrijf waren geweest, bleken ten gevolge van het opdrogen van vet, op een voor de werking essentiële pal, dienst te weigeren. Hierdoor bewoog een staaf continu in plaats van stapsgewijs. Verwijdering van het vet was afdoende, smering van de pal bleek niet noodzakelijk. De storing heeft zich niet meer voorgedaan.

Een tweede storing werd veroorzaakt door een traag afvallend relais, waardoor twee in plaats van één staaf van positie veranderden. De relais werden vervangen en daarna zijn soortgelijke storingen niet meer waargenomen.

Moeilijkheden zijn eveneens ondervonden met de voedingswaterregelklep; bij het in bedrijfstellen van deze klep traden ernstige trillingen op en had de plug een sterke neiging te roteren. Hierdoor is de gehele aandrijving, klepsteel enz. dermate ernstig beschadigd, dat deze geheel vervangen moesten worden.

Met de verbeterde klep (andere plug, een rotatie vergrendeling en een gewijzigde zitting), zijn inmiddels de moeilijkheden verholpen.

7. SYSTEEM TESTEN

Van alle systemen is de technische documentatie te voren zo veel mogelijk in orde gebracht en werden **beproevingprocedures** geschreven. Voor deze procedures werden formulieren in de vorm van checklijsten gebruikt. Aangezien vooral voor de watersystemen dikwijls gelijkvormige testen moesten worden uitgevoerd, werden eerst "algemene" checklijsten gebruikt, waarna veelal kan worden volstaan met korte specifieke procedures voor het betreffende apparaat of systeem.

Uitgangspunten bij het opstellen der beproevingsprocedures waren:

- zo groot mogelijke zekerheid dat de beproeving juist kan geschieden met zo weinig mogelijk papier;
- zoveel mogelijk gebruik maken van checklijsten welke, wanneer noodzakelijk, tevens van een korte richtlijn zijn voorzien;
- referenties naar bijbehorende documentatie, richtlijnen, gegevens etc. dienen compleet te zijn,

met andere woorden: papier waarmede "te velde" gewerkt wordt beperken doch door referenties zorgen dat de totale technische informatie volledig is.

N.B. dat de voorbereiding van de test veelal belangrijker is dan de test zelf: wanneer deze test tevoren goed is overdacht met betrekking tot benodigde hulpsystemen, apparatuur, materiaal, veiligheidsvoorzieningen, etc. zal de test zelf in de meeste gevallen goed en vlot verlopen. Alles benodigd voor deze voorbereiding diende dan ook op checklijsten te worden vermeld.

De gang van zaken bij de beproeving der systemen was als volgt:

- voordat een apparaat, eventueel als deel van een systeem, in gebruik kan worden genomen, bijvoorbeeld ter beproeving van het apparaat zelf of van het systeem, diende de apparaten-checklijst "gebruik gereed" afgewerkt te zijn en moesten de bedrijfsprocedures gereed zijn;
- voordat een systeem in gebruik kon worden genomen, bijvoorbeeld ter beproeving van het hierin opgenomen apparaat of het systeem zelf, diende de systeem-checklijst "gebruik gereed" afgewerkt te zijn en moesten de bedrijfsprocedures gereed zijn;
- voordat met de beproeving van een apparaat of systeem kon worden begonnen, diende de checklijst "beproeving" te zijn opgesteld; in het algemeen konden voor een apparaat de checklijsten "gebruik gereed" en "beproeving" gecombineerd worden.
- alle geconstateerde gebreken, suggesties, etc. te vermelden op lijsten voor de betreffende apparaten of systemen.

Ten behoeve van de checklijst "gebruik gereed" voor de watersystemen kon voor wat betreft de instrumentatie en afsluiters gebruik worden gemaakt van hiervoor reeds bestaande lijsten; deze waren er ook nog separaat voor de elektrische bediening; in de systeemchecklijst "gebruik gereed" voor de watersystemen met betrekking tot instrumentatie en elektrische bediening alleen functies vermelden; detailmetingen zoals calibratie opnemers, opname kortsluitstroom en dergelijke werden op andere wijze door de betreffende onderhoudsgroepen nagegaan.

8. CENTRALE BEPROEVINGEN

8.1. Voorbereiding

Vanzelfsprekend werden ook deze beproevingen grondig voorbereid. Hiervoor en voor de indeling der procedures golden de volgende richtlijnen.

In verband met de voorbereidingen van de beproevingen wordt ervan uitgegaan dat de experimentator in eerste instantie geheel verantwoordelijk is voor de hem ter voorbereiding opgedragen beproeving. Hij zorgt voor alle eventueel benodigd referentie-materiaal, hulpapparatuur, instrumentatie, bijzondere veiligheidsmaatregelen, logstaten, tabellen, grafieken, etc. Indien andere groepen moeten worden ingeschakeld, bijvoorbeeld voor de aanleg van instrumentatie of tijdens de beproeving zelf voor het opnemen van de benodigde meetgegevens, zorgt hij dat via de normale organisatorische weg de contacten worden gelegd en volgt hij de voortgang van de voorbereidingen en de uitvoering van de door anderen verrichte werkzaamheden.

De experimentator zal zelf minitieus moeten nagaan of de voor zijn experiment te gebruiken apparatuur of instrumentatie geheel voldoet; bijvoorbeeld indien men gebruik wenst te maken van aanwezige procesinstrumentatie, zal men er zich van op de hoogte moeten stellen, waar de opnemer is geplaatst (N.B. schema's geven hiervan mogelijk een geheel verkeerd beeld), hoe en waar de aflezing is, hoe de calibratie is geweest, wat de nauwkeurigheid is etc., alleen een persoonlijke inspectie van de te gebruiken opstelling kan vergissing voorkomen.

De indeling der testprocedure zal als volgt zijn:

- Inleiding.
 - Doel van de test.
 - Referenties naar betreffende documentatie, bijv. ontwerp-rapporten, andere testprocedures, tekeningen, schema's, beschrijvingen, bedrijfsvoorschriften, fabriekstesten, specificaties, garanties, etc.
 - Benodigde hulpapparatuur en instrumentatie.
 - Criteria, limieten, evt. bijzondere veiligheidsmaatregelen.
 - Initiële condities, evt. relaties met andere systemen, experimenten e.d.
 - Omschrijving van de test, in logische volgorde, bij voorkeur door zo kort mogelijke teststappen met zo volledig mogelijke vermelding van de te verrichten handelingen.
- De te gebruiken procesapparatuur, instrumentatie, afsluiters, etc. met name en codenummer opnemen. Waar van belang per teststap vermelding van de verwachte werking. Per teststap aangeven welke gegevens op te nemen; hiervoor ingedeelde logstaten, tabellen en dergelijke samen te stellen.

Aandacht wordt besteed aan de dimensies zoals deze voor de te gebruiken procesinstrumentatie worden toegepast; deze dimensies ook in de procedures te gebruiken.

Wanneer voor berekeningen speciale formules worden gebruikt, deze met vermelding van dimensies in de procedures op te nemen en indien nodig, deze formules omwerken voor de hiervoor genoemde dimensies.

Van alle beproevingen werd een draaiboek gemaakt, waarin naar betreffende procedures werd verwezen.

8.2. Inleiding

1968 is het jaar waarin voor het eerst een kritische kern in het reaktorvat is opgebouwd en waarin het gehele verdere proces van laden en opvermogenbrengen van de reaktor zich heeft afgespeeld.

Zoals reeds in voorgaande rapporten is vermeld, is het onderzoekprogramma dat hiermee gepaard ging, verdeeld in enkele fasen, te weten:

fase 1: Testen reaktor op nulvermogen.
 fase 2: Testen reaktor op maximale druk en temperatuur.
 fase 3: Synchronisatie en vermogenstesten van de centrale.

Deze drie fasen komen elk afzonderlijk ter sprake in de volgende hoofdstukken.

8.3. Belangrijkste meetresultaten fysica voor testfase reaktor op nul vermogen.

In dit hoofdstuk zal een overzicht worden gegeven van de belangrijkste meetresultaten van de eerste testfase.

Kritikaliteit werd in Dodewaard voor het eerst bereikt op 24 juni 1968 te 00.46 uur met een kern, bestaande uit elf splijtstofelementen, nadat op 23 juni een aanvang was gemaakt met het laden van de splijtstofelementen. Deze kern bevatte geen absorptieplaten. Door middel van regelstaafijkingen kon de reaktiviteit van deze kern worden bepaald op ongeveer 715 pcm. Deze waarde is ongeveer 2,2% = 2200 pcm lager dan de computerberekening aangaf.

Bij de minimum kritische testen in de KRITO-opstelling van het Reactor Centrum Nederland (RCN) bleek dat de kleinste kritische massa bestond uit 10 splijtstofelementen + één extra splijtstofstaafje. Deze kritische massa is kleiner dan die welke in Dodewaard werd opgebouwd, hetgeen in overeenstemming was met de verwachtingen. In de opstelling in het reaktorvat in Dodewaard zijn bij geheel uitbewogen regelstaven nog altijd de regelstaafvolgers in de kern aanwezig, hetgeen in de KRITO-opstelling om technische redenen niet mogelijk was. De aanwezig-

heid van de regelstaafvolgers heeft weliswaar een vergroting van k_{∞} tot gevolg, maar eveneens gaat hiermee gepaard een vergroting van de migratielengte der neutronen. Het netto-resultaat van beide effecten is een verkleining van de k_{eff} zodat in het reaktorvat in Dodewaard een grotere kritische massa werd verwacht.

Het verschil in reaktiviteit tussen computerberekening en experiment voor de minimum kritische kern zonder volgers (10 elementen) is $2,4\% = 2400$ pcm en dus van dezelfde orde van grootte als dat in het geval van de minimum kritische kern met volgers.

De minimum kritische kern met absorptieplaten bleek te bestaan uit 20 elementen (5×4). Deze configuratie werd bereikt op 4 juli 1968 en de kern werd kritisch te 11.37 uur. Met alle regelstaven geheel uitbewogen was de kern slechts weinig overkritisch met een reaktiviteit, groot 28 pcm. Op grond van de berekening wordt voor deze kern een k_{eff} , groot $k_{eff} = 1.0208$ verwacht zodat de berekening een waarde voor k_{eff} geeft, die ongeveer 2% te hoog is. Het is echter niet geheel juist om berekening en experiment op deze wijze met elkaar te vergelijken aangezien bij het experiment de kern feitelijk meer absorptieplaten bevatte dan bij de berekening het geval was. Dit komt omdat bij het experiment de absorptieplaten aan de rand van de kern slechts werden gecompenseerd door splijtstof aan één kant. Het reaktiviteitseffect van deze extra absorptieplaten is negatief, de grootte ervan is echter moeilijk te schatten. In werkelijkheid is k_{eff} van de 20 elementskern dus groter dan experimenteel is gemeten, zodat het verschil tussen berekening en experiment voor dit geval kleiner is dan $2\% \Delta k/k$.

De derde belangrijke kernconfiguratie die werd opgebouwd was die, welke kritisch zou worden wanneer de regelstaven volgens eenschaakbordpatroon zouden worden uitbewogen. Het bleek dat voor een dergelijke kernconfiguratie 56 splijtstof-elementen nodig waren. Met de regelstaven volgens een schaakbordpatroon uitbewogen was de reaktiviteit van deze kern 128 pcm. De berekende reaktiviteit van deze kern is 1500 pcm, zodat de berekening een waarde geeft, die ongeveer 1,4% te hoog is.

Via een aantal tussenliggende kernen, waarbij slechts de subkritikaliteitsmarge werd gedemonstreerd, werd tenslotte de volledige kernlading bereikt, zijnde 156 splijtstofelementen. Allereerst is van deze kern de subkritikaliteitsmarge experimenteel bepaald. Hiertoe werd de kern kritisch gemaakt door het uitbewegen van de centrale regelstaaf D4, gevolgd door een aangrenzende regelstaaf D5. Vervolgens werd deze tweede staaf geijkt met behulp van positieve en negatieve periodemetingen, gevolgd door multiplicatiemetingen.

De resultaten van deze metingen zijn als volgt:

D4 geheel uit : $k_{eff} \approx 0,965$

Alle staven geheel in : $k_{eff} \approx 0,930$

(In deze laatste waarde kan een grote fout zitten, gezien de onbetrouwbaarheid van multiplicatiemetingen).

Hieruit volgt voor de reaktiviteitswaarde van D4 ongeveer 3,5% Δk . De waarde van D5 (D4 geheel uit) is rechtstreeks bepaald uit de ijkcurve. Zij is ongeveer 3,7% Δk .

Uit vergelijking van deze resultaten met de berekeningen blijkt dat de berekening voor het geval, dat alle staven geheel in de kern zijn een waarde van k_{eff} geeft, die 3,4% Δk te hoog is. Voor de kern waarbij D4 geheel is uitbewogen, geeft de berekening een waarde van k_{eff} die 2,0% Δk te hoog is. De reaktiviteitswaarde van D4 is door de berekening ongeveer 1,5% Δk te laag berekend, die van D5 (D4 geheel uit) ongeveer 1% Δk te laag.

Nadat de subkritikaliteitsmarge van de kern was bepaald zijn de beide voorgestelde startvolgordes der regelstaven onderzocht.*) Beide volgordes hadden goede responsie van de instrumentatie tot gevolg, terwijl de reaktiviteitswaarde van geen enkele regelstaafstap groter was dan 0,1% Δk .

Nadat de eerste twee groepen van volgorde A waren uitbewogen bleek de kern nog onderkritisch te zijn. De waarde van k_{eff} werd bepaald op $k_{eff} = 0,9986$. Herleiding op 20°C met behulp van de tijdens fase twee gemeten temperatuurscoëfficiënt levert $k_{eff} = 0,99900$. Berekend was voor dit regelstaafpatroon $k_{eff} = 1,0168$, zodat de berekening een waarde van k_{eff} levert die ongeveer 1,8% Δk te hoog is.

Met de eerste twee groepen van volgorde B uitbewogen bleek de kern reeds 197 pcm overkritisch te zijn, $k_{eff} = 1,00197$. Herleiding op 20°C levert $k_{eff} = 1,0025$. Berekend was $k_{eff} = 1,0237$, zodat de berekening hier een waarde van k_{eff} geeft die ongeveer 2,1% Δk te hoog is.

Tijdens het overbrengen van de ionisatiekamers van hun posities in het reactorvat (zij bevonden zich daar ten behoeve van het laden der elementen en de nulvermogen-testen) naar hun posities in het biologisch schild kon de verzwakking door het water in het valkanaal worden bepaald. De verzwakkingsfactor is gemiddeld $3 \cdot 10^5$.

8.4. Voorbeeld van een fysische testprocedure

Ter illustratie van het onder 8.3 genoemde volgt hieronder een voorbeeld van een testprocedure, t.w. procedure no. Jo2, Rev.1, juni 1968.

Doel

Het doel van de test is het experimenteel bepalen van de reactiviteit van een kern met schaakbordpatroon. Van een kern met een dergelijke regelstaafpatroon kan de reactiviteit eenvoudig worden gemeten, als wel berekend. Uit vergelijking

*) Dit zijn niet de twee volgordes, genoemd in procedure no. Jo4, rev.1, juni 1968. Deze twee volgordes zijn reeds voor de aanvang van de metingen verlaten; de onderzochte volgordes zijn vermeld in procedure no. Jo9, rev.1, aug.1968.

van de gemeten en berekende reaktiviteiten moet blijken of de waarde van het regelstaafsysteem binnen de ontwerpgrenzen ligt.

De kern zal bovendien kritisch worden gemaakt door alle regelstaven tot dezelfde hoogte uit te trekken. Van deze kritische kern zal de axiale vermogensverdeling worden bepaald met behulp van de bestralingssonde.

Instrumentatie

Er is geen speciale instrumentatie vereist buiten de normale bedrijfsinstrumentatie. De Po-Be bron en de ionisatiekamers bevinden zich in het vat.

Kriterium

Van de kern met het schaakbordpatroon dient de reaktiviteit te zijn bepaald. De kern mag onderkritisch zijn; in dit geval moet de reaktiviteit met behulp van een negatieve periodemeting kunnen worden bepaald.

Voorwaarden

1. Bij de aanvang van de test is de kern, waarmee de metingen zullen worden uitgevoerd, opgebouwd volgens proc.Jo 19, Laden van de reaktor.
2. De RWM is buiten bedrijf gesteld.

Limieten

1. Het maximaal toegestane reaktorvermogen is 100 kW.
2. De kleinste positieve periode, die is toegestaan, is 30 sec. Afwijkingen hiervan slechts in speciale gevallen, te beoordelen door de experimentator.

Referenties

1. Procedure no. Jo 19, Laden van de reaktor.
2. Procedure no. Jo 18, Standaard procedures.
3. Procedure no. Jo 15, Testen en eerste vermogensijking van de gekompenseerde ionisatiekamers.
4. GKN core physics startup test calculations.
5. Instruction manual, Control rod drives and associated systems.
6. De logstaten Jo2-1 en Jo2-2.

Beschrijving

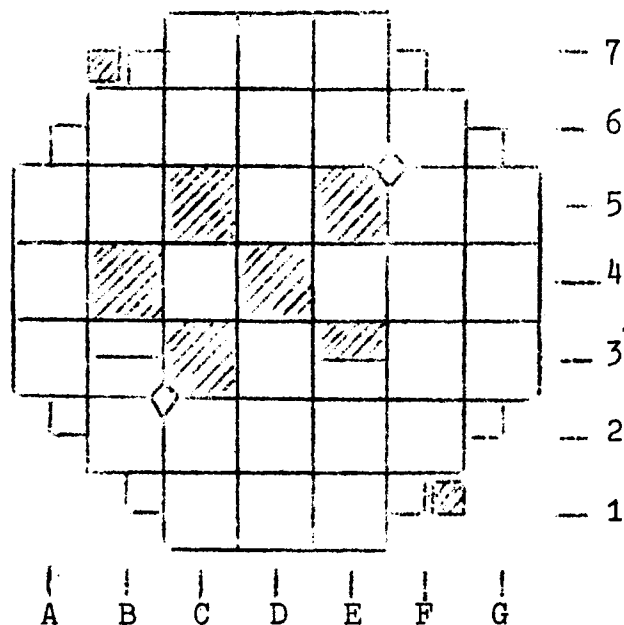
Verwacht wordt, dat een kern, bestaande uit 44 elementen en met de configuratie van fig. 2-1 ongeveer kritisch zal zijn met een schaakbordpatroon.

1. De experimentator bepaalt of de posities der ionisatiekamers gewijzigd dienen te worden.
Elke verandering van positie van een kamer wordt gevolgd door een controle van de neutronenresponsie ervan, proc. Jo 18, deel IV.
2. Bepaal de vermogensijkfaktor van elk kanaal, zie tabel in proc. Jo 15, deel II. Stel de noodstopsignalen van de beide lineaire kanalen in op 100 kW.
De meteraflezing, behorende bij 100 kW vermogen, wordt bij elk kanaal duidelijk aangegeven.
3. Noteer de tijd, temperatuur van het reaktorwater en de aflezingen der lineaire en logaritmische kanalen.
4. Maak een begin met het in grafiek uitzetten van de omgekeerden van de meteraflezingen (genormeerd) als functie van de regelstaafstand. Dit gebeurt voor elk der vier kanalen.
5. Trek de regelstaven in de kern achtereenvolgens naar stand no.6 in deze volgorde: C4 - E4 - D5 - D3 - B5 - B3.
6. Wanneer de regelstaven alle tot stand no.6 zijn uitgetrokken, wordt gewacht totdat de neutronenflux haar nieuwe evenwichtswaarde heeft bereikt. Noteer de meteraflezingen en zet de punten in de grafiek uit. Van nu af aan worden de regelstaven stap voor stap uitgetrokken, waarbij zij zoveel mogelijk op gelijke hoogte worden gehouden. De volgorde waarin zij worden getrokken, blijft dezelfde als genoemd in punt. 5.
7. Trek de regelstaven in de gegeven volgorde één stap verder uit. Noteer de evenwichtswaarden der meteraflezingen en zet de punten in de grafiek uit.
8. Bepaal uit elke grafiek de regelstaafstand, waarbij kritikaliteit wordt verwacht, alsmede de meteraflezingen die worden verwacht nadat de regelstaven één stap verder zijn uitgetrokken.
9. Herhaal de stappen 7 en 8 zo lang, totdat men verwacht dat de kern kritisch wordt, wanneer de regelstaven twee stappen verder worden uitgetrokken.
10. Noteer de tijd en de temperatuur van het reaktorwater.
11. De regelstaven worden op dezelfde manier uitgetrokken als in het voorgaande met dit verschil echter, dat van nu af aan na elke stap van elke regelstaaf de meteraflezingen worden genoteerd en de punten in grafiek worden gebracht.

12. Elke keer wanneer een regelstaaf geheel is uitgetrokken, wordt de koppelingstest uitgevoerd met deze **staaf**, zie het "Instruction manual, Control rod drives and associated systems", subsection 3.2.3.
13. Wanneer de kern met het schaakbordpatroon nog onderkritisch is en het mogelijk blijkt te zijn de reaktiviteit ervan met behulp van een negatieve periodemeting te bepalen, dan wordt dit gedaan; indien het niet mogelijk blijkt te zijn de reaktiviteit van de kern te bepalen met behulp van een negatieve periode, wordt een grotere kern samengesteld volgens proc. Jo 19, Laden van de reaktor.
14. Wanneer de kern al kritisch wordt, voordat het schaakbordpatroon is bereikt, wordt het regelstaafpatroon zodanig gewijzigd, dat regelstaaf B3 gedeeltelijk uit is en de overige staven geheel uit zijn.
Noteer beide kritische regelstaafpatronen, de tijd en de temperatuur van het reaktorwater.
15. B3 wordt nu geijkt met behulp van positieve en negatieve periodemetingen. Wanneer de positieve periode kleiner zou worden dan 30 sec., voordat B3 geheel uit is, wordt als volgt gehandeld:
Breng na de laatste negatieve periodemeting staaf D5 één stap in. Trek B3 nu uit tot de stand, waarbij de laatste positieve periode is gemeten. Meet de positieve periode, Ga nu door met de ijking van B3 totdat opnieuw een positieve periode van minder dan 30 sec. wordt verwacht. Herhaal dit, totdat B3 geheel is geijkt.
16. Noteer de tijd en de temperatuur van het reaktorwater.
17. Bouw de kern, bestaande uit 48 elementen, op volgens proc. Jo 19, Laden van de reaktor.
18. Bepaal de reaktiviteit van deze kern met het schaakbordpatroon. Herhaal hiertoe de stappen 1-16 met deze nieuwe kern.
19. Wijzig de regelstaafstanden nu zodanig, dat de zes regelstaven alle op gelijke hoogte zijn wanneer de kern kritisch is.
Noteer het regelstaafpatroon en de temperatuur van het reaktorwater. Bepaal de reaktorperiode.
20. Indien mogelijk, ijk enkele stappen van de zes regelstaven te zamen.
21. Breng alle regelstaven geheel in.
22. Gedurende het laatste deel van deze test zal de 48 elements-kern kritisch worden gemaakt door alle twaalf regelstaven tot dezelfde stand uit te trekken. Doe dit als volgt: (stappen 23-27).

23. Verander de axiale posities der ionisatiekamers, zodat zij zich op driekwart van de kernhoogte bevinden.
Herhaal nu de stappen 2, 3 en 4.
24. Trek de regelstaven achtereenvolgens uit tot stand no.1 in deze volgorde: C4 - D4 - D3 - C5 - D5 - C3 - B4 - E4 - B5 - E3 - E5 - B3.
25. Wanneer de regelstaven alle tot stand no.1 zijn uitgetrokken wordt gewacht totdat de neutronenflux haar nieuwe evenwichtswaarde heeft bereikt. Noteer de meteraflezingen en zet de punten in grafiek uit.
26. Ga verder met handelen als beschreven in de stappen 8-11, totdat de kern kritisch wordt.
27. Noteer de tijd en de temperatuur van het reaktorwater. Bepaal de reaktorperiode.
28. In het algemeen zullen de regelstaven niet alle tot dezelfde stand zijn uitgetrokken, maar zullen een aantal één stap minder zijn uitgetrokken dan de overige. De regelstaven worden alle tot dezelfde stand uitgetrokken op de volgende wijze: (stappen 29-32).
29. Breng een of meer stopstaven geheel in. Trek de volgende regelstaaf uit de reeks één stap verder uit.
30. Wanneer de flux laag genoeg is gevonden, worden de stopstaven weer tot hun oorspronkelijke stand uitgetrokken. Meet de positieve periode. Breng de stopstaven weer geheel in.
31. Trek de volgende staaf uit de reeks één stap verder uit.
32. Herhaal de stappen 30 en 31, totdat alle regelstaven tot dezelfde stand zijn uitgetrokken of totdat de positieve periode kleiner dan 30 sec. zou worden. Wanneer dit laatste het geval is, wordt als volgt verder gegaan, stappen 33-35.
33. Breng de regelstaven weer één stap verder in de kern in de omgekeerde volgorde als gegeven in punt 24, totdat het kritische regelstaafpatroon van punt 26 weer is verkregen. Noteer de temperatuur van het reaktorwater en bepaal de positieve periode.
34. Breng de volgende regelstaaf van de reeks één stap verder in. Bepaal de negatieve periode en noteer de evenwichtswaarde van de neutronenflux.
35. Herhaal stap 34 zo lang, totdat alle regelstaven tot dezelfde stand zijn uitgetrokken.
36. De axiale vermogensverdeling wordt nu in verschillende radiale posities van de kern bepaald met behulp van de bestralingssonde. Dit gebeurt als volgt, stappen 37-40.

37. Trek de regelstaven weer één stap verder uit in de volgorde van stap 24, totdat het kritische patroon van stap 26 is bereikt. Breng de reaktor op het gewenste vermogen.
38. Noteer de tijd en de temperatuur van het reaktorwater.
39. Bepaal de axiale vermogensverdelingen.
40. Noteer de tijd en de temperatuur van het reaktorwater.
41. Breng alle staven geheel in.
42. Verander de axiale posities van de ionisatiekamers nu weer, zodat zij zich op halve kernhoogte bevinden. Einde van de test.



DATUM:

VERMOGEN:

TIJD :



= regelstaaf geheel in



= regelstaaf geheel uit

Jo2 - fig.1

8.5. Belangrijke resultaten afschermingsmetingen gedurende gedurende testfase 1.

Als onderdeel van de testfase met open reaktorvat is een aantal metingen van de thermische neutronenflux en van de gammaflux verricht, zowel in als buiten het reaktorvat. De metingen binnen het reaktorvat vonden plaats op diverse plaatsen in het valkanaal, de metingen buiten het reaktorvat vonden plaats in de reaktorkamer tussen reaktorvat en eerste thermische schild en tussen de beide thermische schilden. De neutronenfluxen zijn gemeten bij een reaktorvermogen van 1 kW, de metingen van de gammafluxen vonden plaats bij 100 kW reaktorvermogen.

Doel van de metingen was om reeds in een vroeg stadium een indruk te krijgen van de overeenstemming tussen berekening en experiment, dit zowel uit academisch belang als wel vanuit het oogpunt van stralingsbeschadiging van het biologisch schild. Vergelijking van de experimentele resultaten met de berekeningen is niet rechtstreeks mogelijk, aangezien de berekeningen slechts voor de bedrijfsconditie (= vol vermogen) zijn uitgevoerd. Voor dit verschil dient gecorrigeerd te worden, hetgeen met de hand slechts op ruwe wijze mogelijk is. De zo verkregen resultaten bleken in redelijke overeenstemming met de gedane berekeningen te zijn.

Ter illustratie volgen hieronder enkele resultaten van de metingen verricht op het kernmidentank. De meetpunten lagen alle op dezelfde tangenciale positie (225°).

Positie	Reaktor- vermogen kW	γ Rh^{-1}	Thermische neutronen $cm^{-2} s^{-1}$
Binnenkant kernmantel	100	$3,51 \cdot 10^4$	$2,12 \cdot 10^2$
Binnenkant reaktorvat	100	$1,09 \cdot 10^4$	
Buitenkant reaktorvat	100	$3,80 \cdot 10^1$	
	1		
Binnenkant 1e thermische schild	100	$2,10 \cdot 10^1$	$2,25 \cdot 10^2$
	1		

8.6. Referenties

1. Fysische metingen aan GKN-kern met open vat, door Bruggink, J.C., 6 augustus 1968.
2. Physics measurements for the startup of the Dodewaard Nuclear Power Plant, by Moster, P.
Paper, presented at the Participation Program and Common Enterprises Technical Information Meeting on Nuclear Power Plants of GKN, KWL and KWO on 27-29 November 1968 at Arnhem, The Netherlands.
3. Shielding measurements at the Dodewaard Nuclear Power Plant, by Termaat, K.P., December 1968.

8.7. Belangrijkste meetresultaten fysica tijdens testfase reaktor op nominale druk en temperatuur brengen

Gedurende testfase 2 is de reaktor voor de eerste maal vanuit de koud kritische toestand met behulp van nucleaire warmte geleidelijk tot werkdruk en werkteemperatuur gebracht. In het nu volgende zal aan de belangrijkste verrichte metingen van deze fase aandacht worden geschonken.

Veruit het grootste deel van alle verrichte periodemetingen had betrekking op de evaluatie van de gebruikte regelstaafvolgorde of op de bepaling van de temperatuurcoëfficiënt van de reaktiviteit; vaak konden deze metingen worden gecombineerd.

Allereerst is de vermogensijkfaktor bepaald voor de ionisatiekamers, die zich nu immers alle in het biologisch schild bevonden. Het voor de ijking benodigde reaktorvermogen werd geschat aan de hand van de opwarmsnelheid van het reaktorvat met inhoud en de warmtecapaciteit daarvan.

De regelstaafvolgordes moesten ook nu weer zodanig zijn dat de reaktiviteitswaarde van de regelstaafstappen kleiner bleef dan $0,1\% \Delta k/k$. De beide volgordes A en B, zoals genoemd in testprocedure Jo 9, rev.1, augustus 1968, hadden uitstekende responsie van de instrumentatie tot gevolg en voldeden aan de reaktiviteitsvoorwaarde.

De gemeten waarden van de moderatortemperatuurcoëfficiënt van de reaktiviteit waren alle negatief, en wel meer negatief bij hogere temperatuur, zoals verwacht. In absolute waarde echter zijn zij over het gehele temperatuurgebied een faktor twee kleiner dan de berekende waarden.

Vergelijking van de voor een bepaald regelstaafpatroon berekende waarde van k_{eff} met de bij dat patroon experimenteel gevonden k_{eff} was niet rechtstreeks mogelijk, aangezien de moderatortemperatuur waarbij het patroon ongeveer kritisch was (en waarbij de meting dus is uitgevoerd) verschillend was van de voor de berekening gebruikte moderatortemperatuur. Met behulp van de gemeten waarden van de moderatortemperatuurcoëfficiënt konden de gemeten reaktiviteiten worden herleid tot de bij de berekeningen gebruikte temperaturen. De resultaten zijn in onderstaande tabel samengebracht.

Regelstaafvolgorde		k_{eff}		Afwijking van de berekening t.o.v. het experiment
A	B	experiment	berekend	
groep 1 t/m 3 uit, 160°C		1,006	1,016	+1 % Δk
	groep 1 t/m 3 uit, 160°C	1,0113	1,0234	+1,2 % Δk
groep 1 t/m 4 uit, 286°C		0,9948	0,9951	+0,03 % Δk
	groep 1 t/m 4 uit, 286°C	0,9997	1,0065	+0,7 % Δk

8.8. Voorbeeld van een fysische testprocedure

Als voorbeeld volgt hieronder testprocedure no. Jo 11, rev.1, aug.1968, Bepaling van de temperatuurcoëfficiënt.

Inleiding

Bij gelijk blijvende overige parameters van de reaktor hangt de reaktiviteit ρ nog af van de moderator-temperatuur.

Het verband tussen de reaktiviteit van de kern en de moderator-temperatuur is niet lineair, zodat de temperatuurcoëfficiënt van de reaktiviteit, $\Delta\rho/^\circ\text{C}$, afhankelijk is van de moderator-temperatuur.

Teneinde deze afhankelijkheid te leren kennen dient de temperatuurcoëfficiënt bij verschillende temperaturen te worden bepaald.

De afkoeling van het water als gevolg van de regelstaafkoelstroom, warmteafgifte aan de omgeving e.d. heeft tot gevolg dat de reaktorperiode niet constant is.

De afkoelsnelheid van het water neemt toe naarmate de moderator-temperatuur hoger wordt, bovendien wordt dan ook de temperatuurcoëfficiënt in absolute waarde groter.

Het gevolg hiervan is dat men op zeker ogenblik moet afstappen van enkelvoudige periodemetingen en dient over te gaan op de techniek van periodemetingen bij veranderende reaktiviteit, zie procedure Jo 18, standaard procedure, hoofdstuk ID.

Doel

Het doel van de metingen is het experimenteel bepalen van de moderator-temperatuurcoëfficiënt van de reaktiviteit als functie van de moderator-temperatuur, voor geheel geladen, schone kern. De metingen zullen plaatsvinden bij ongeveer 30°C , 80°C , 120°C , 160°C , 200°C , 250°C en 286°C .

Instrumentatie

Temperatuur van het reaktorwater.

1. Voor de aflezing van de temperatuur van het reaktorwater wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van de thermokoppelinstallatie ten behoeve van de ruiscorrelatiemetingen. Gebruikt zal worden het signaal van een of meerdere thermokoppels ter hoogte van de kerninlaat.
2. Bij temperaturen $> 200^\circ\text{C}$ kan ook gebruik worden gemaakt van de reaktordruk als maat voor de reaktortemperatuur. De reaktordruk is een maat voor de oppervlaktetemperatuur van het water. Deze oppervlakte temperatuur dient gelijk te zijn aan de temperatuur van het water in de kern, waartoe na het opwarmen in het bovenste deel van het reaktorvat goede menging (lees: recirculatie) moet hebben plaats gevonden.

Voor het overige wordt gebruik gemaakt van de normale bedrijfsinstrumentatie.

Voorwaarden

1. Het waterzuiveringssysteem (RZS) is niet in bedrijf in verband met de snelle afkoeling van het reaktorwater. Bovendien zou, met het RZS wel in bedrijf, de temperatuur in het valkanaal lager zijn dan die in de kern.
2. De lineaire en logaritmische kanalen zijn geijkt met behulp van nucleaire warmte volgens procedure Jo 8.
3. De voorgaande stappen van proc. Jo 9 ter bepaling van de startvolgorde der regelstaven zijn uitgevoerd.

Limieten

1. Het maximaal toegestane reaktorvermogen is 5 MW.
2. De maximaal toegestane opwarmsnelheid van het reaktorwater is $20^{\circ}\text{C h}^{-1}$.
3. De kleinste toegestane positieve periode is 30 s.

Referenties

1. Procedure no. Jo18.
2. Logstaat Jo 11-1
3. Logstaat Jo 18-2

Beschrijving

1. Gedurende een periode van opwarmen van de reaktor wordt de reaktorwatertemperatuur elke 10 minuten genoteerd op logstaat Jo 11-1.
Gedurende een periodemeting wordt de temperatuur elke minuut afgelezen en genoteerd op logstaat Jo18-2.
2. Start de reaktor met behulp van een der startvolgordes en warm de reaktor op tot ongeveer 2°C beneden de eerste testtemperatuur, dat is ongeveer 28°C .
3. Wanneer de temperatuur ongeveer 28°C is geworden worden een of meerdere stopstaven inbewogen.
Deze worden door de experimentator van te voren aangewezen. De flux neemt nu af tot bronniveau.
4. Neem gedurende enige tijd de reaktorwatertemperatuur op als functie van de tijd en bepaal hieruit de afkoelsnelheid van het reaktorwater.
Wanneer deze minder is dan $0,5^{\circ}\text{C}$ per 10 minuten, zullen successieve periodemetingen worden gedaan, als beschreven in de stappen 5-10.
Is de temperatuurdaling groter dan $0,5^{\circ}\text{C}$ per 10 minuten, dan zal gewerkt worden volgens de methode van periodemetingen bij veranderde reaktiviteit, zie stap 11-16.

Successieve periodemetingen.

5. Wanneer de neutronenflux laag genoeg is geworden (bronniveau) en de temperatuurverdeling van het reaktorwater homogeen geworden is (geen grote fluctuaties van het uitgangssignaal van het meetkoppel) worden de stopstaven weer geheel uitgetrokken en wordt het regelstaafpatroon zo gewijzigd dat de positieve periode ongeveer 50 s. is.
Noem dit regelstaafpatroon basispatroon no.1
6. Bepaal met dit regelstaafpatroon de periode.
Neem de waarnemingen over een vrij lange tijd, zodat uit deze set waarnemingen meerder periodes, elk bij een iets andere gemiddelde moderatortemperatuur, kunnen worden bepaald. De waarnemingen dienen te worden gestopt wanneer de periode de grens van 30 s. bereikt.
7. Ga na de laatste periodemeting terug naar het opwarmvermogen en verwarm de reaktor tot een temperatuur, ongeveer 2°C hoger dan de vorige meettemperatuur.
Breng wanneer deze temperatuur is bereikt weer stopstaven in.
8. Verander het regelstaafpatroon nu zodanig dat wanneer de stopstaven worden uitgetrokken, basispatroon no.1 verkregen wordt.
9. Wanneer de neutronenflux laag genoeg is geworden, worden de stopstaven geheel uitgetrokken en wordt stap 6 herhaald.
10. De stappen 7-9 worden nu nogmaals uitgevoerd voor een temperatuur, die weer ongeveer 2°C hoger is dan de voorgaande temperatuur.

Periodemetingen bij veranderende reaktiviteit.

11. Wanneer de temperatuurdaling sneller is dan ongeveer $0,4^{\circ}\text{C}$ per minuut, wordt weer teruggegaan naar het opwarmvermogen en wordt verder opgewarmd totdat de reaktorwatertemperatuur ongeveer 2°C hoger is geworden dan de testtemperatuur.
12. Breng nu weer regelstaven in volgens de gebruikte startvolgorde totdat de reaktor iets onderkritisch is (negatieve periode van enige minuten).
Hierna worden stopstaven ingebracht teneinde de flux tot een voldoende lage waarde te doen afnemen.

N.B. de flux mag niet zo laag worden dat het bronniveau wordt bereikt aangezien dan geen werkelijke reaktorperiode meer aanwezig is.

13. Wanneer de flux tot een voldoende laag niveau is afgenomen worden de stopstaven weer uitgetrokken.
14. Wanneer het prompte effect hiervan voorbij is, worden de neutronenflux en reaktorwatertemperatuur elke 30 s. genoteerd.

15. De afkoeling van de reaktor heeft tot gevolg dat de negatieve periode steeds langer wordt en op zeker ogenblik overgaat in een positieve periode.
16. Zo mogelijk worden de waarnemingen gedaan over een temperatuurgebied van 4°C .
Wanneer de positieve periode de grens van 30 s. bereikt, of wanneer de periode wordt beïnvloed door het dopplereffekt, wordt eerder gestopt met het doen van waarnemingen. In dat geval worden de stappen 12-14 herhaald.
17. Na de laatste meting wordt via de gebruikte startvolgorde de reaktor weer tot het opwarmvermogen gebracht en wordt verder opgewarmd totdat de temperatuur ongeveer 2°C beneden de volgende testtemperatuur is gekomen, zie stap 2.
Wanneer men weet dat men een periodemeting met veranderende reaktiviteit moet doen, kan men de reaktor tot ongeveer 2°C boven de volgende testtemperatuur verwarmen, zie stap 11.
18. De metingen worden gedaan bij de temperaturen 30°C , 80°C , 120°C , 160°C , 200°C , 250°C en 286°C .

8.9. Thermo-hydraulica

Inleiding

De resultaten van de uitgevoerde fysische- en thermo-hydraulische testen zijn beschreven in het Euratomrapport over het vierde kwartaal van 1968. Zoals reeds tijdens het ontwerp van de centrale en in vele latere berekeningen was aangetoond bleek tijdens de metingen, dat het thermische vermogen van de kern gelimiteerd wordt door de optredende splijtstoftemperaturen en pas in een veel later stadium door kritische warmtefluxen.

De berekening van de temperatuur in het centrum van een splijtstofstaafje is gebaseerd op:

- Het totale thermische vermogen van de reaktor.
- De vermogensverdeling.
- Geometrie en warmtegeleidings- en overdrachtscoëfficiënten van een splijtstofstaafje.

De grootste fout in de berekening wordt geïntroduceerd door de fout in de bepaling van de vermogensverdeling. Daarom wordt in dit hoofdstuk nader ingegaan op de wijze waarop de vermogensverdeling in de reaktorkern bepaald wordt.

Bepaling van de vermogensverdeling

De vermogensverdeling wordt in berekeningen vaak onderverdeeld in de lokale-, de radiale- en de axiale vermogensverdeling. De warmteflux, door de bekleding van een splijtstofstaafje is dan het produkt van de lokale-, de radiale- en de axiale vermogensfaktor maal de gemiddelde warmteflux door de bekleding van de splijtstof.

In de reaktorkern van de Dodewaard-centrale is het niet mogelijk om de lokale vermogensverdelingen te meten en deze zijn dan ook van te voren berekend. De gebruikte factoren zijn gebaseerd op:

- GEFU - PDQ berekeningen door General Electric.
- REBUS - TEDDI berekeningen door de N.V. GKN en
- Metingen aan splijtstofelementen in een kritische opstelling van GKN-bundels bij het RCN te Petten.

De radiale vermogensverdeling (beter gedefinieerd als bundelvermogen) en de axiale vermogensverdeling worden gemeten met een splijtingskamertje, dat op 18 verschillende plaatsen in verticale richting door de kern bewogen kan worden (TIP-kamer).

Bij deze methode ter bepaling van de lokale warmteflux, treden twee problemen op de voorgrond, n.l.:

- A. De lokale vermogensverdeling, dat is de verdeling binnen een splijtstofelement, wordt berekend voor een bundel in een oneindig rooster. De vermogensverdeling in een bundel in de kern zal echter anders zijn dan de berekende doordat de neutronenfluxverdeling beïnvloed wordt door niet-aangrenzende regelstaven en doordat de kern eindige afmetingen heeft. Bovendien is bij de berekeningen geen rekening gehouden met de fluxdepressie door de TIP zelf.

B. De aflezing van de TIP is een maat voor het aantal splijtingen per seconde in U-235 ter plaatse van de TIP, dus tussen de splijtstofbundels in.

Om op grond van deze aflezing iets te kunnen zeggen over warmtefluxen in de splijtstofbundel, worden de volgende veronderstellingen gemaakt:

Bij de ijking van de incore's wordt aangenomen, dat de aflezing van de TIP evenredig is met de gemiddelde warmteflux door de vier aangrenzende hoekstaafjes.

De verhouding tussen de aflezing van de TIP en het vermogen in een aangrenzend hoekstaafje is constant.

Studie van de lokale vermogensverdeling

Om meer inzicht te krijgen in bovengenoemde problemen werden met het rekenprogramma TEDDI viergroeps diffusieberekeningen gedaan. Hierbij werden de neutronenflux- en vermogensverdeling in een groep van vier, om de TIP-buis gelegen, bundels berekend.

In bijl.3 zijn de twee onderzochte groepen getekend. De getallen in de bundels geven de relatieve bundelvermogens weer. Tussen haakjes zijn dezelfde bundelvermogens gegeven, maar nu berekend met het rekenprogramma FLARE. Bovendien werden de lokale flux- en vermogensverdelingen in deze bundels op de normale wijze berekend, dus in een oneindig rooster. Deze laatste berekeningen werden met en zonder de fluxdepressie door het TIP systeem uitgevoerd. Een voorbeeld van de berekende thermische neutronenflux in een splijtstofelement naast een regelstaafvolger is gegeven in bijl.4. Al deze berekeningen werden gedaan voor een schone kern met absorptieplaten, een verrijkingsgraad van $2\frac{1}{2}$ procent, een moderatortemperatuur van 286°C en een homogene bellenfractie binnen de bus van 30 procent.

Alleen bij berekening e werd de fluxdepressie door het TIP-systeem niet meegerekend. Uit deze vierbundelberekeningen konden de volgende, voor de bepaling van de vermogensverdeling belangrijke, conclusies getrokken worden:

- 1e. Lokale fluxdepressie door het materiaal van het TIP-systeem geeft een verlaging van K_{∞} van ongeveer 0,5%. Daar zowat de helft van alle bundels aan een TIP-buis grenst, betekent dit voor de hele kern een verlies in reaktiviteit van een kwart procent $\Delta k/k$.
De fluxdepressie in het hoekstaafje naast de TIP-buis bedraagt ongeveer 5 procent. Daar dit voor alle bundels in vrijwel gelijke mate geldt, kunnen echter de lokale piekfactoren, berekend zonder TIP-fluxdepressie, gebruikt worden.
De toename van de lokale piekfaktor van het hoekstaafje naast de volger ten gevolge van de TIP-fluxdepressie, bedraagt minder dan één procent.

- 2e. De veronderstelling, dat de TIP-aflezing evenredig is met de gemiddelde warmteflux door de bekleding van de vier aangrenzende hoekstaafjes is juist. Afwijkingen bedragen minder dan een half procent.
- 3e. Uit bijlage 4 is te zien, dat regelstaven naast aangrenzende bundels een duidelijke, zij het geringe invloed hebben op de lokale vermogensfaktor. Deze invloed op de lokale vermogensfaktor bedraagt voor de besproken gevallen maximaal 5 procent. Er kan voorgecorrigeerd worden door de lokale vermogensfaktor altijd te vermenigvuldigen met een faktor voor de vermogensverdeling, die afhangt van de bundelconfiguratie rond een TIP. Voor de situaties in bijlage 3 zijn er 5 van dergelijke factoren berekend.

Het neutronenfluxverloop over een splijtstofbundel ten gevolge van het niet-repeterend voorkomen van de vierbundel groepen of ten gevolge van het eindig zijn van de kern is niet in factoren voor de vermogensverdeling meegerekend. Voor dit fluxverloop moet apart gecorrigeerd worden met lekfactoren die bepaald kunnen worden uit een FLARE-berekening.

- 4e. De warmtefluxen door de vier, aan de TIP grenzende, hoekstaafjes verschillen onderling maximaal 8% (situatie in fig. 1b van bijlage 3). In de lokale vermogensfactoren is de verhouding tussen de neutronenflux in een hoekstaafje en de neutronenflux ter plaatse van de TIP niet inbegrepen, waardoor fouten in de berekening van bundelvermogens kunnen ontstaan van 4%. De genoemde verhouding is echter meegenomen in de factoren voor de vermogensverdeling zodat voor deze fout, bij gebruik van de factoren voor de vermogensverdeling, automatisch gecorrigeerd wordt.

Vergelijking van gemeten- en berekende vermogensverdelingen

Bijlage 5 laat een doorsnede van de reaktorkern zien met in het noord-oost kwadrant de met de TIP gemeten vermogensverdeling en in het oost-zuid kwadrant de met het rekenprogramma FLARE, berekende vermogensverdeling. De gemeten waarden zijn gevonden met methode E. Bij deze methode worden de bundelvermogens berekend door de aflezing van de TIP nog te corrigeren met lokale vermogensfactoren, met factoren voor de vermogensverdeling en met lekfactoren. De maximale fout in de met behulp van methode E bepaalde bundelvermogens ligt naar alle waarschijnlijkheid binnen de 5%, met misschien een enkele randbundel uitgezonderd. Bij de vierbundel berekeningen bleek reeds, dat FLARE de vermogensverdeling bij een schaakbordpatroon sterk afvlakt, maar in andere gevallen, zoals bijv. in fig. 1b op bijlage 3, het bundelvermogen overschat. Uit de vermogensverdelingen voor het regelstaafpatroon B2, zoals weergegeven in bijlage 5 blijkt, dat FLARE zelfs voor deze, redelijk vlakke, verdeling ernstige fouten maakt, zoals

het verkeerd lokaliseren van de heetste bundel en het onderschatten van het vermogen van deze centrale bundel met ongeveer 15%.

Er zij nogmaals op gewezen, dat het ook zeer wel mogelijk is, dat FLARE voor bepaalde regelstaafpatronen het vermogen van de heetste bundel overschat.

In bijl.6 is voor hetzelfde regelstaafpatroon als in bijl. 5 de met de TIP gemeten axiale vermogensverdeling vergeleken met de door FLARE berekende.

De stippellijnen bij A, B en C geven de plaats van de incore aan. De fluxdepressies door de roosters zijn duidelijk te zien.

De gemiddelde axiale verdeling werd gevonden door combinatie van alle opgenomen TIP-krommen van één kwadrant. Doordat echter de lokale vermogensverdeling in axiale richting varieert, wordt in deze bepaling het vermogen in de gecontroleerde gebieden, dus voornamelijk onder in de kern, overschat, zoals duidelijk te zien is in bijl.6

Bij de bepaling van de axiale vermogensverdeling in een bepaalde bundel is het dan ook beter om de aflezing van de TIP op een bepaalde hoogte te vermenigvuldigen met de lokale vermogensfaktor en de faktor voor de vermogensverdeling van de bundel op die hoogte.

De op deze wijze verkregen axiale vermogensverdeling in de bundel 55-06 stemt, op de fluxdepressie door de roosters na, goed overeen met de door FLARE berekende verdeling.

8.10. Reaktorregeling

Rekenprogramma

In het verslagjaar 1968 werd een digitaal rekenprogramma voor het dynamisch gedrag van de reaktor met regeling te Dode waard geheel vervolmaakt en getest.

Het programma werd in samenwerking met IBM opgesteld. De fysische vergelijkingen zijn geschreven in een procesgeoriënteerde programmeertaal (DSL90 - CSMP), het programma in fortran 4.

Een aantal transientenberekeningen als aanvulling op eerder gedane berekeningen op analogonmachines is met het programma uitgevoerd.

Van het programma is een binairdeck gemaakt. Hiermede zijn uiteindelijk de volgende rekentijden verkregen (IBM 7094), 1 uur rekentijd à f.3.300,-).

a) 1-3 minuten voor het laden van het programma.

b) 2.2×10^{-4} minuten rekentijd per punt, dus

$2.2 \times 10^{-4} \times \frac{\text{probleemtijd(sec)}}{\text{stapgrootte (sec)}}$ minuten rekentijd per run.

c) 5×10^{-4} minuten rekentijd per lijn van de grafische representatie.

De waarde ad b) neemt **direct** aanzienlijk toe indien behalve grafische representatie (graph) ook printout maps, debug maps en dergelijke worden toegevoegd.

De stapgrootte kan bedragen 0,01 à 0,05 sec., afhankelijk van het berekende probleem en de al of niet aangeslagen kringen.

Het nadeel van het binaire deck is de geringe flexibiliteit. Het aanbrengen aan een wijziging in het programma (een nieuwe regelkring bijvoorbeeld) vergt op zijn minst vier à vijf runs (programmafouten, ponsfouten e.d.) en een nieuwe compilatie van het binaire deck met 12 à 20 min rekentijd (1 uur rekentijd à f.4000,-) + kosten van de programmeur, en een vertraging van enige weken. Een en ander met een in het probleem ingewerkte programmeur van academisch niveau.

Testprogramma_Dodewaard

In het afgelopen jaar is verder het testprogramma voor de reaktorregeling voorbereid en grotendeels uitgevoerd. Uitvoerige testen wat betreft statisch en dynamisch gedrag zijn gedaan aan de drukregelkringen en aan de turbineregeling vóór de inbedrijfstelling van de centrale.

Deze testen blijken zeer nuttig te zijn geweest en een aantal veranderingen in de genoemde systemen moest worden aangebracht (zie voor een meer gedetailleerde beschrijving de kwartaalverslagen van GKN aan Euratom, 3e en 4e kwartaal 1968).

Bij de inbedrijfstelling van de centrale werden beproevingen gedaan aan de reaktorregeling en aan de turbineregeling. Het betrof hier normale inbedrijfstellingsproeven van de druk- en turbineregeling, voorts onderzoekingen naar het reaktorge-drag bij storingen in de voedingswaterregeling en in de druk-regeling (transients), en tenslotte een onderzoek naar de reaktorstabiliteit voor reaktiviteitsstoringen en drukstoringen. De testresultaten lopen grotendeels parallel aan de berekeningen. Een uitzondering hierop vormt het dynamisch gedrag van de hoofdstoomleiding. Deze gedraagt zich namelijk als een zeer zwak gedempt tweede orde systeem. Ter wille van de eenvoud was in de berekening uitgegaan van een eerste orde systeem (bufferwerking van de stoomleidingen).

Van het testprogramma zijn nog niet uitgevoerd de reaktor-isolatietesten, de lastafschakelingen bij verschillende vermogens en testen met de oscillerende regelstaaf. Hiervan zullen alsnog worden uitgevoerd lastafschakelingen bij twee verschillende vermogens. Het maximum turbinetoerental, het gedrag van de turbineovertoeerbegrenzingsinrichting en het gedrag van de drukregeling moet hierbij worden gecontroleerd. Voorts zullen nog worden gedaan testen met de oscillerende regelstaaf bij verschillende vermogens.

De ervaringen opgedaan tijdens de uitvoering van het testprogramma voor de inbedrijfstelling van de centrale Dodewaard, voor zover dit het jaar 1968 betreft, is beschreven in het 4e kwartaalverslag.

8.11. Overzicht van de belangrijkste stralingscontrolemetingen over het jaar 1968

a) Radioactief afvalwater naar de Waal

Geloosde α activiteit : 0 μCi
 Geloosde β - γ activiteit : 13416 μCi
 Limiet : $< 5 \cdot 10^{-7}$ $\mu\text{Ci/mL}$ (Hinderwet).

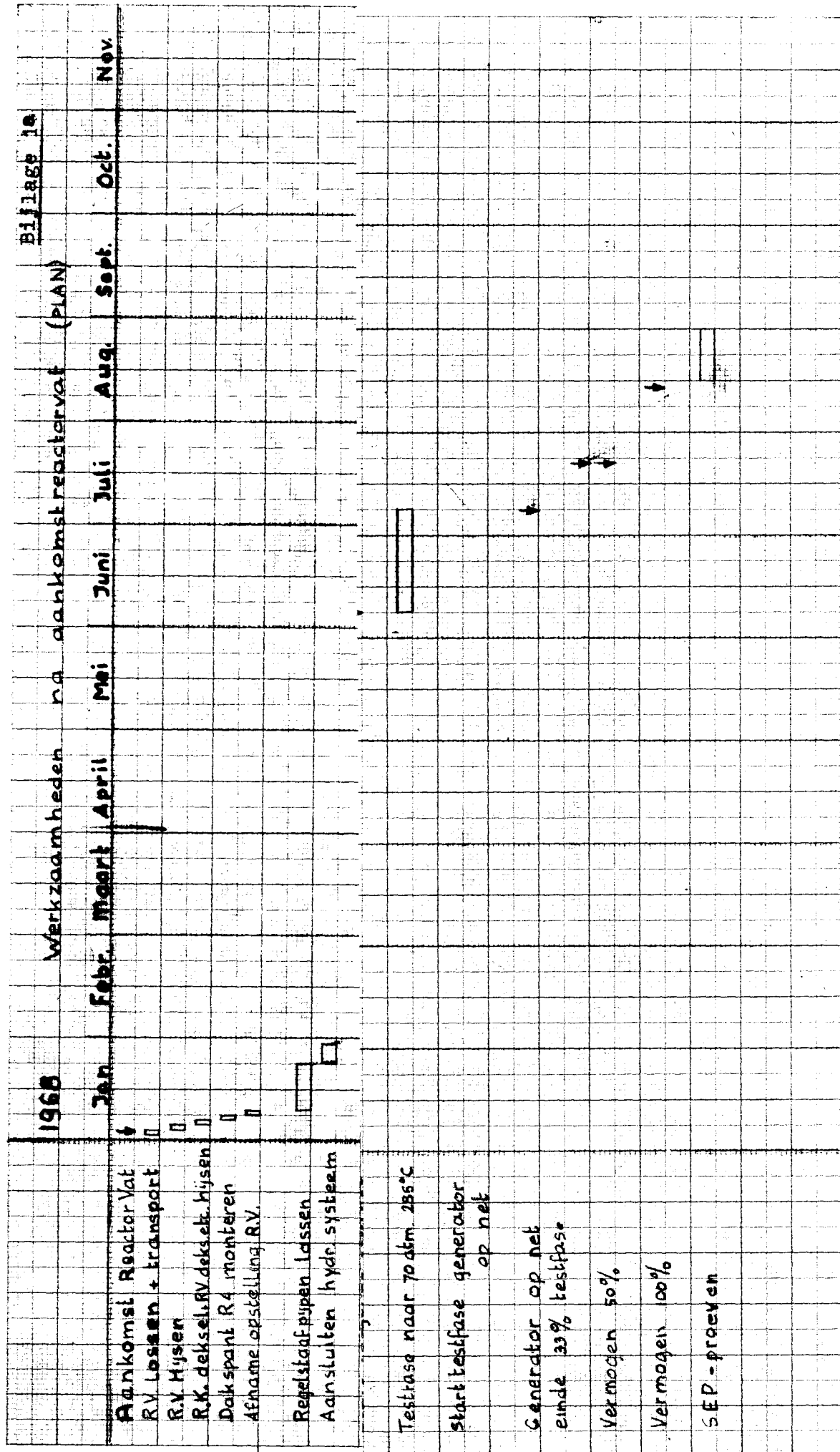
b) Geloosde activiteit in de lucht door de ventilatieschacht (max. waarden)

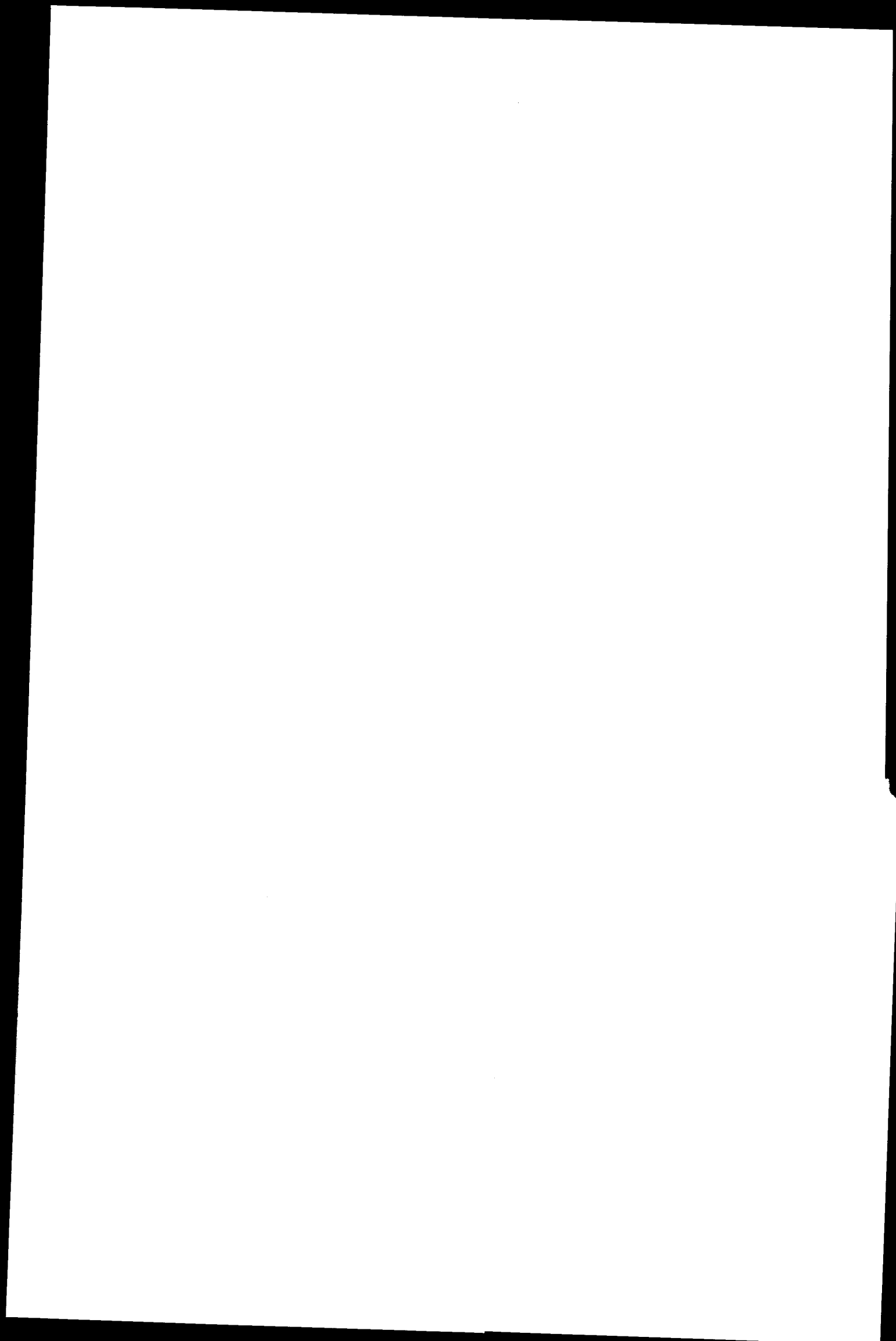
Geloosde splijtingsgassen $< 2 \cdot 10^{-10}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$
 Geloosde vaste produkten $< 10^{-15}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$
 Geloosde ^{131}J e.a. $< 10^{-15}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$

c) Luchthesmetting in de gebouwen (max. waarden)

1) Reaktorgebouw : $2,4 \cdot 10^{-11}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$
 2) Turbinegebouw : $1,2 \cdot 10^{-12}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$
 3) Waterbehandelingsruimte : $2,0 \cdot 10^{-12}$ $\mu\text{Ci/cm}^3$

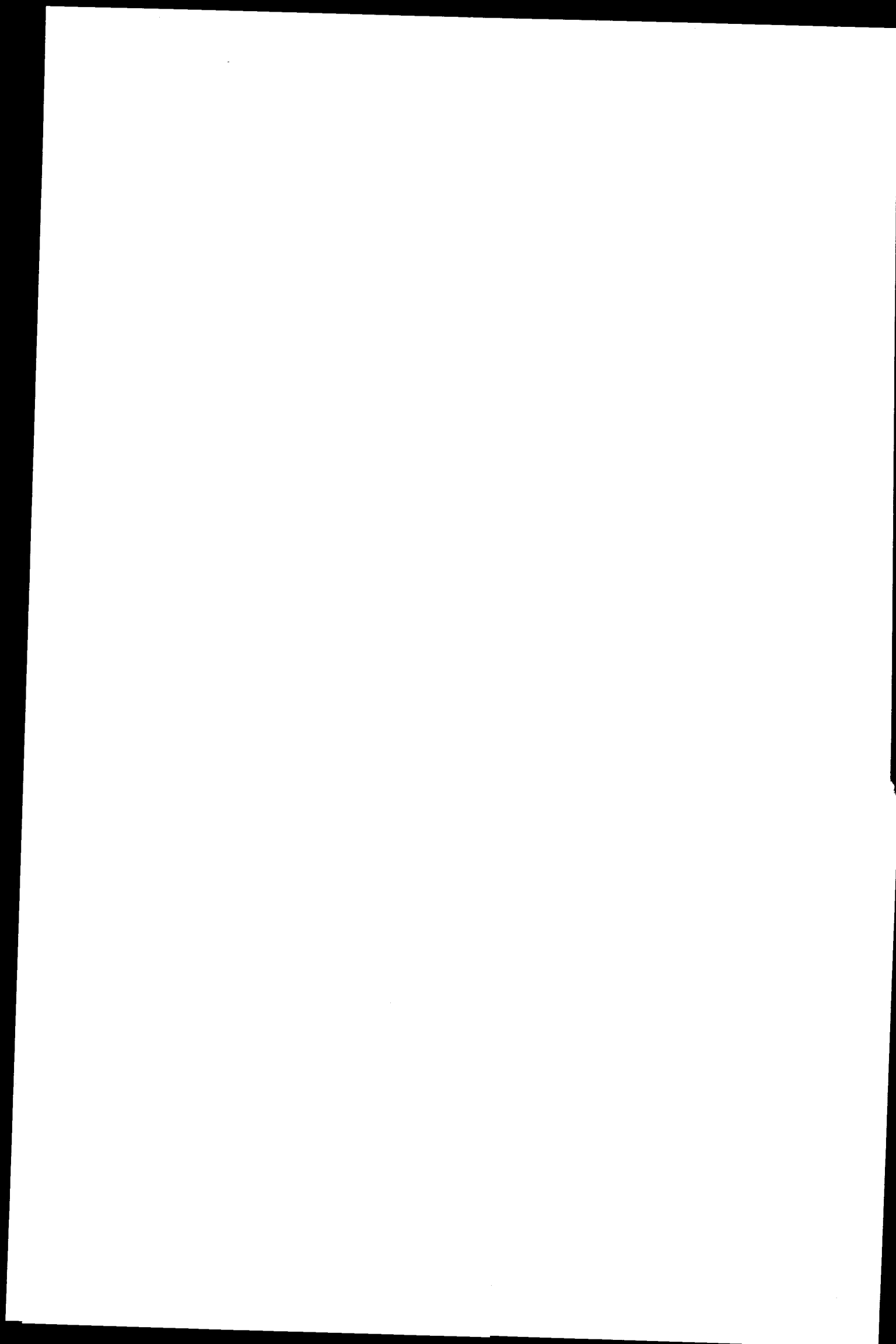






	1968										
	Jan	Febr	Maart	April	Mei	Juni	Juli	Aug	Sept	Oct.	Nov
Aankomst Reactor Vat	↓										
R.Vat Lossen + transport	□										
R.V. Huisen	□										
R.Kamer deksel R.V. deksel etc	□										
Dakspan R4 gemonteerd	↓										
Afname opstelling GKN-RDM	↓										
Demoliteaschinen laden											
Alle elementen in kern							↓				
Einde nullast test met openvat								↓			
Start volgende fase								↓			
Test fase naar 70 atm. 285°C									70 atm. 285°C		
Start test fase generator op net										↓	
Generator op net einde 33% test fase											↓
Vermogen 50%											↓

50W-3-08651



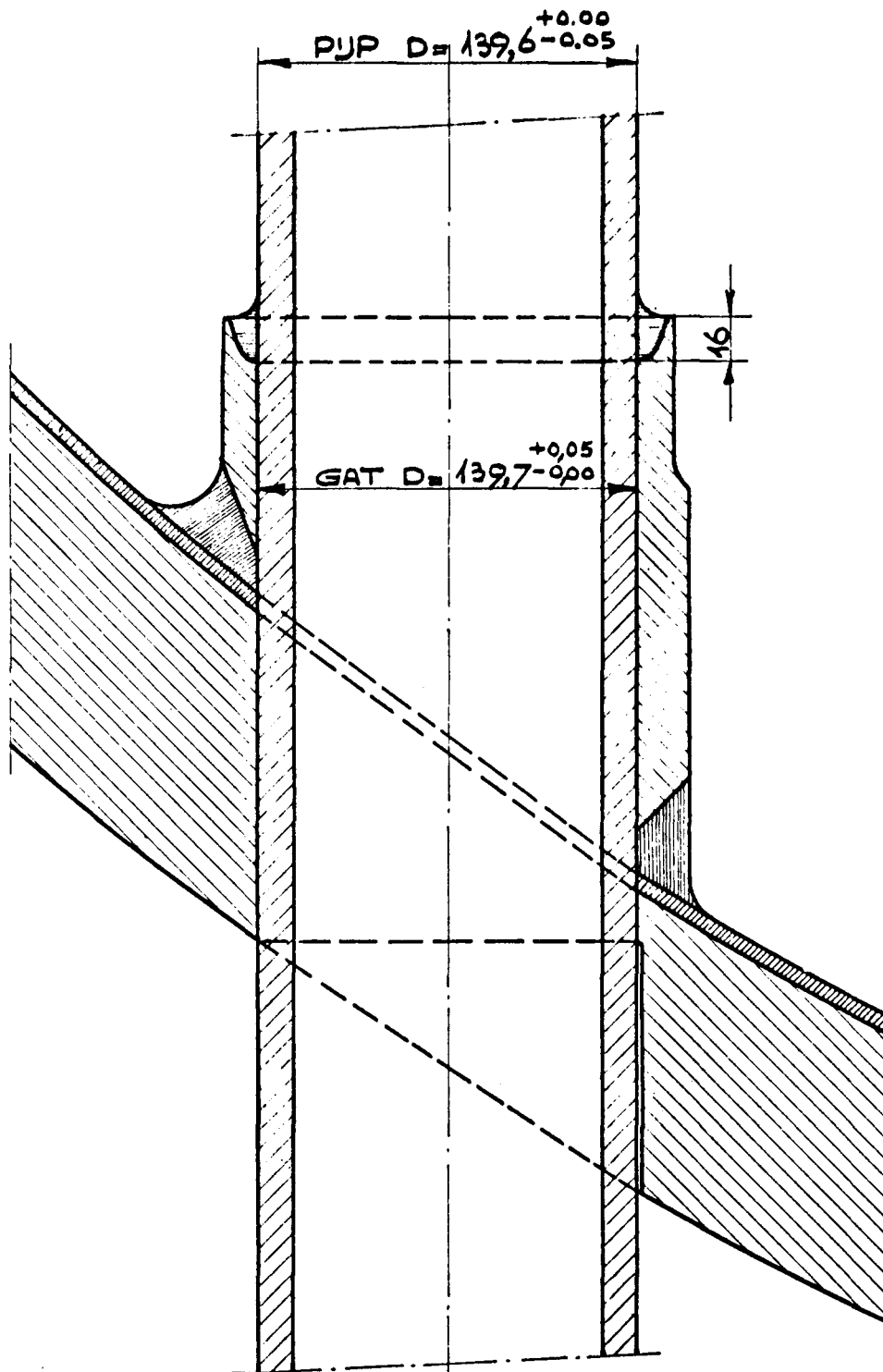


FIG.1

AFGESLOTEN WERKRUMTE
KUKER
KERN ONDERSTEUNINGS ROOSTER
WERKBORDES

KRAAN MET HANDLIER

OPVANG CONSTRUCTIE

REGELSTAAF PUP

STELGEREEDSCHAP MET VJZEL

WERKVLOER

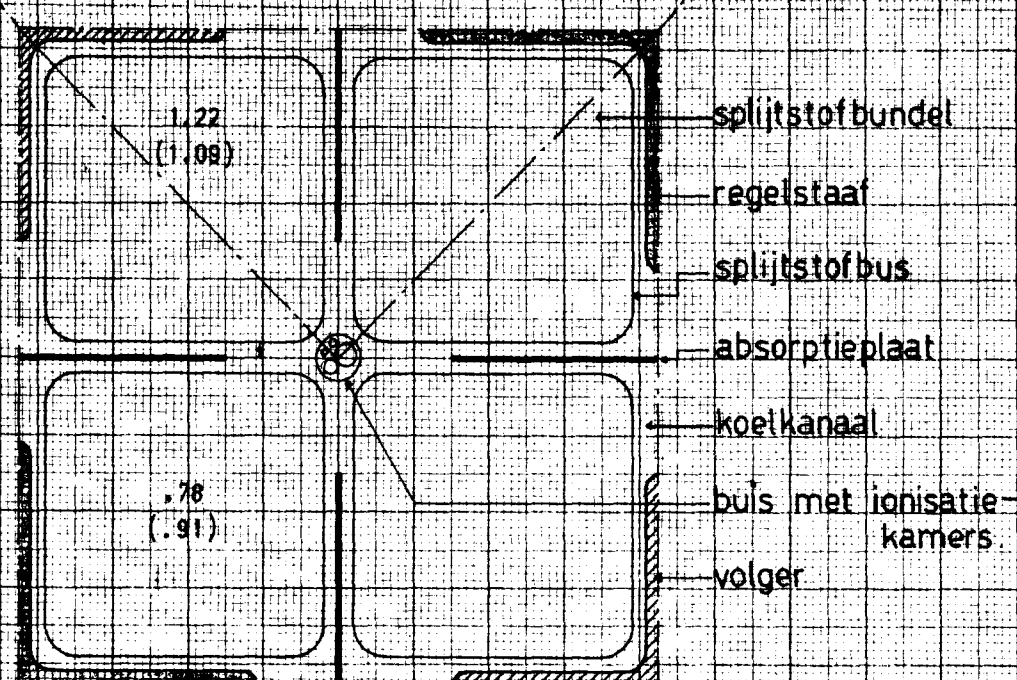
TOEGANGSSLUIS

VLOER REACTORKAMER

FIG 2

doorsnede - a fig. 2

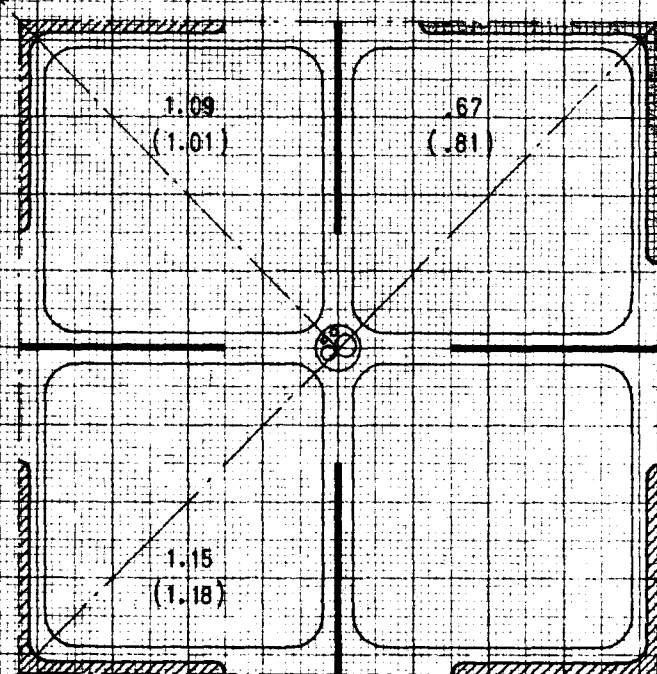
doorsnede - f



Figuur 1a : TEDDI 1 berekening KFFCC 563-5 TIP

doorsnede - b fig. 2

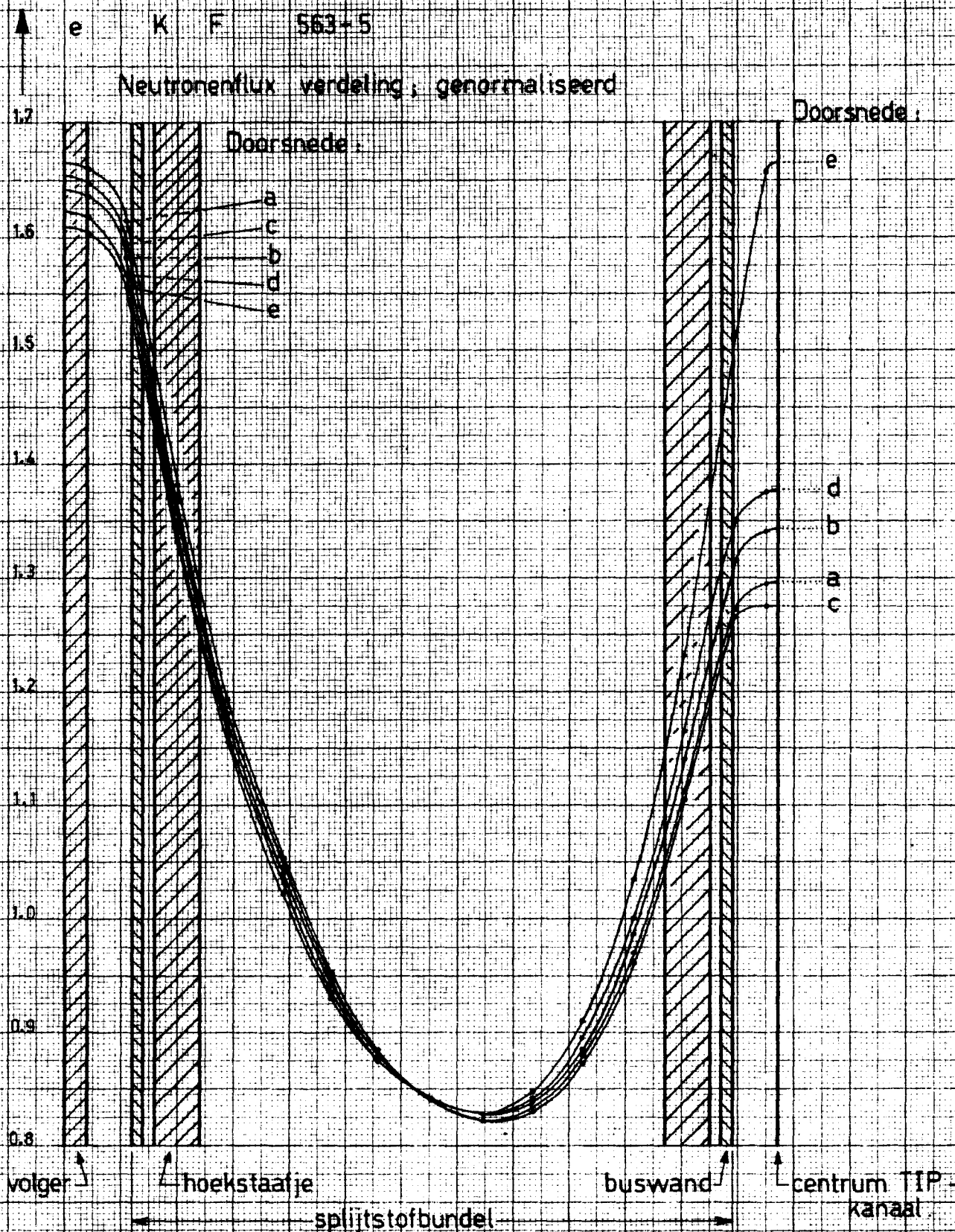
doorsnede - g



doorsnede - c fig. 2

Figuur 1b : TEDDI 1 berekening KFFFC 563-5 TIP

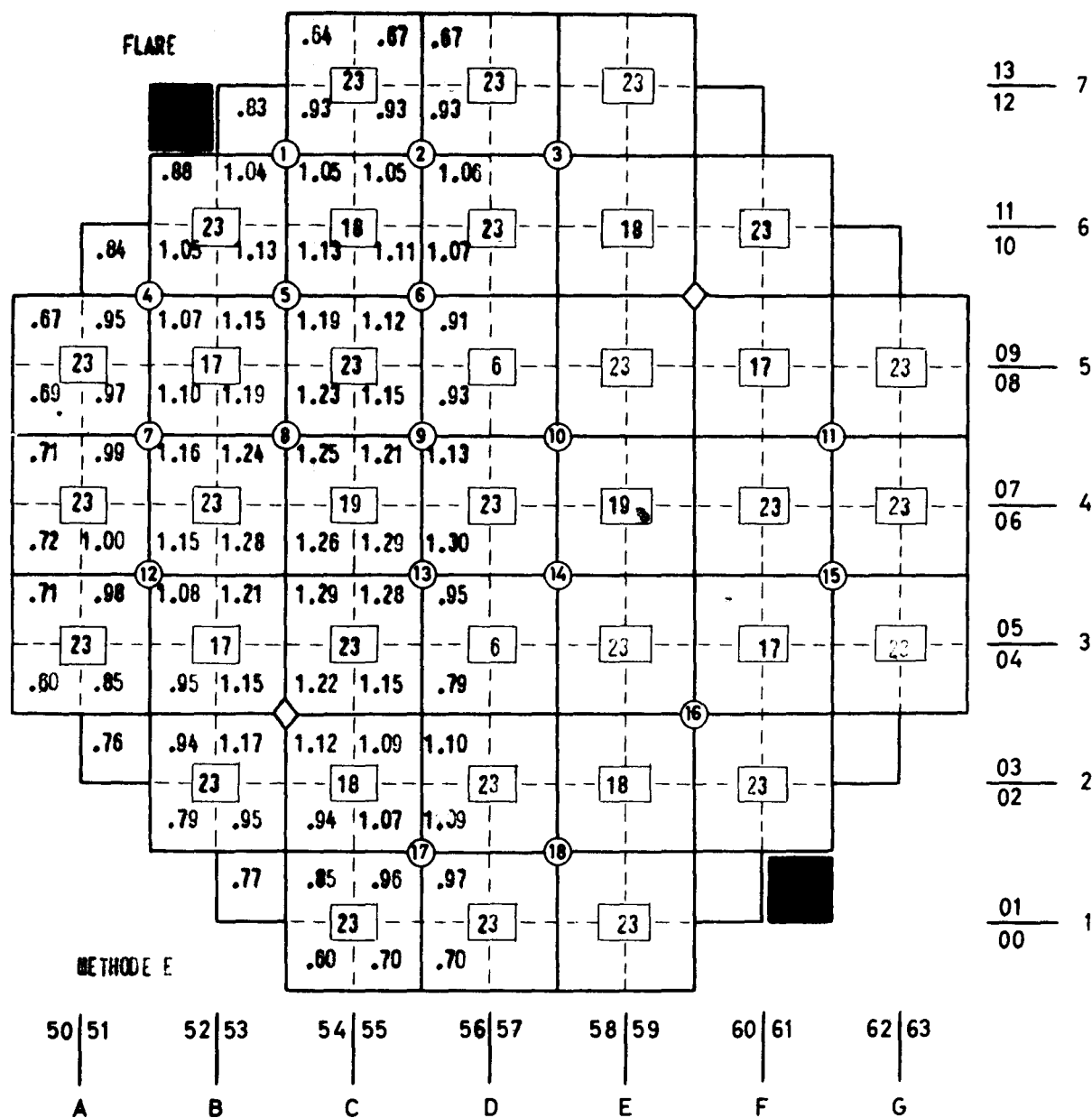
- a K F F C C 563-5 TIP
- b K F F F C 563-5 TIP
- c K F F F C 563-5 TIP
- d K F 563-5 TIP
- e K F 563-5



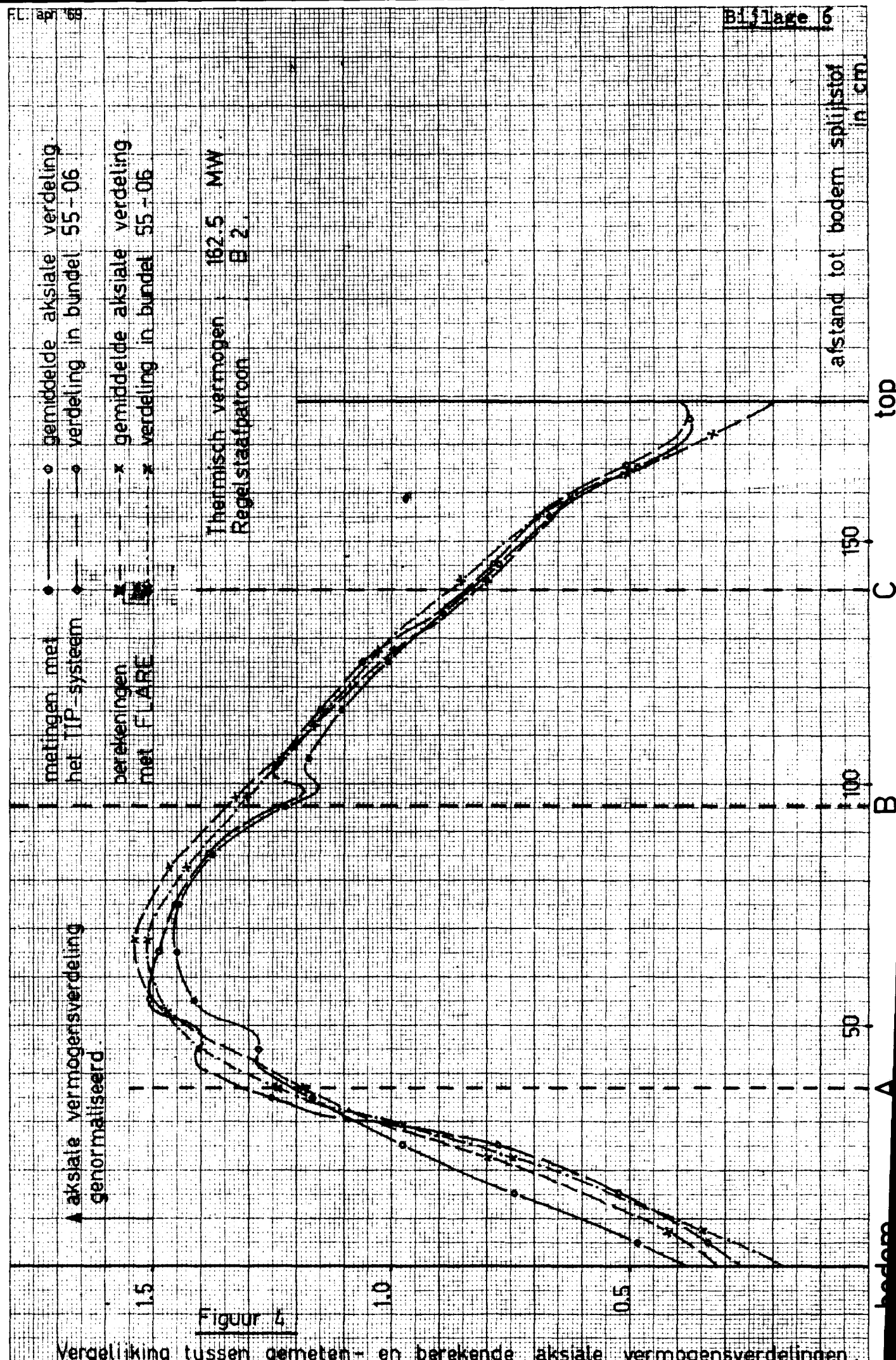
Figuur 2 Lokale neutronenflux verdeling naast een volger, TEDDI - berekening.

0°, ZUID

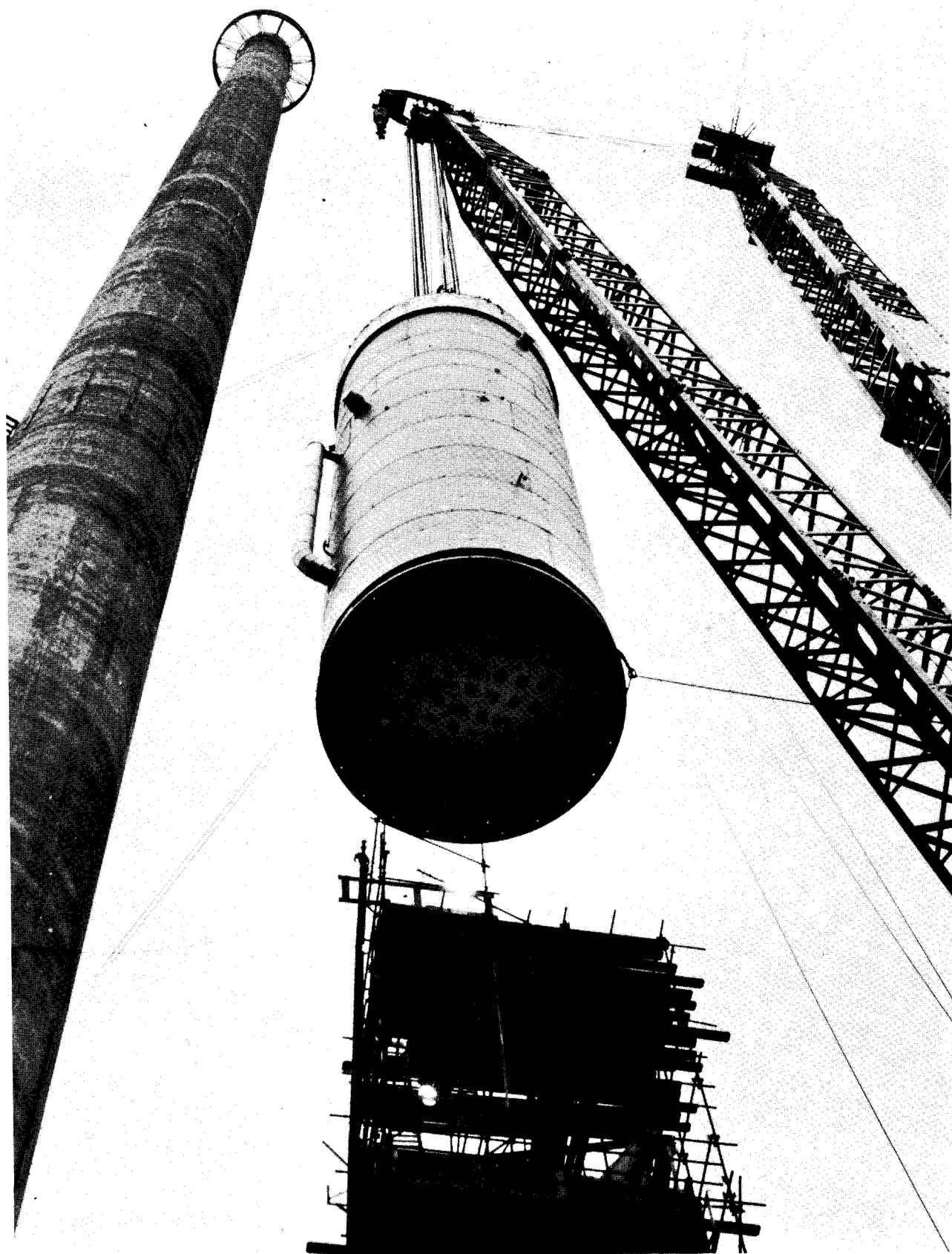
63



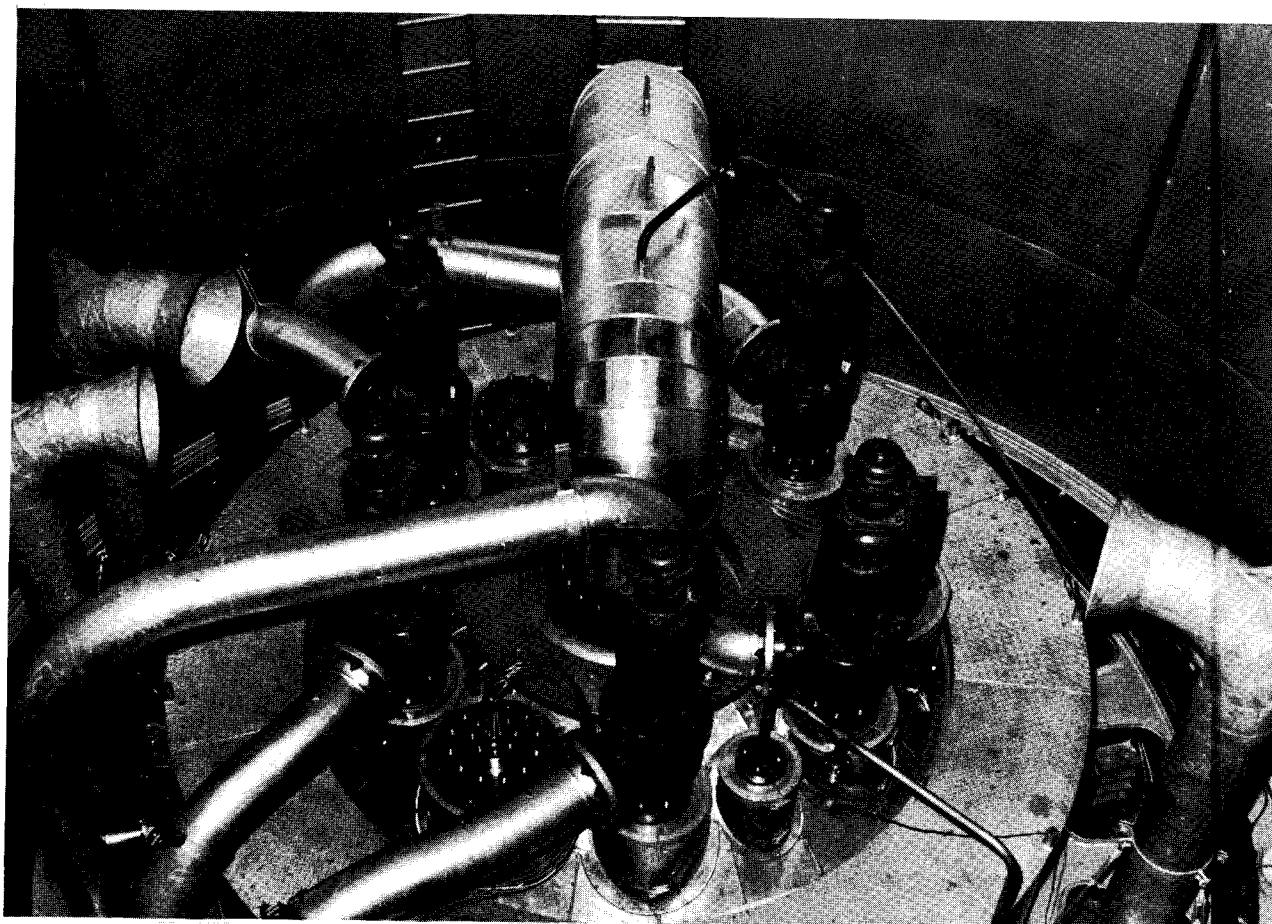
Figuur 3: Vergelijking tussen berekende en gemeten vermogensverdeling.



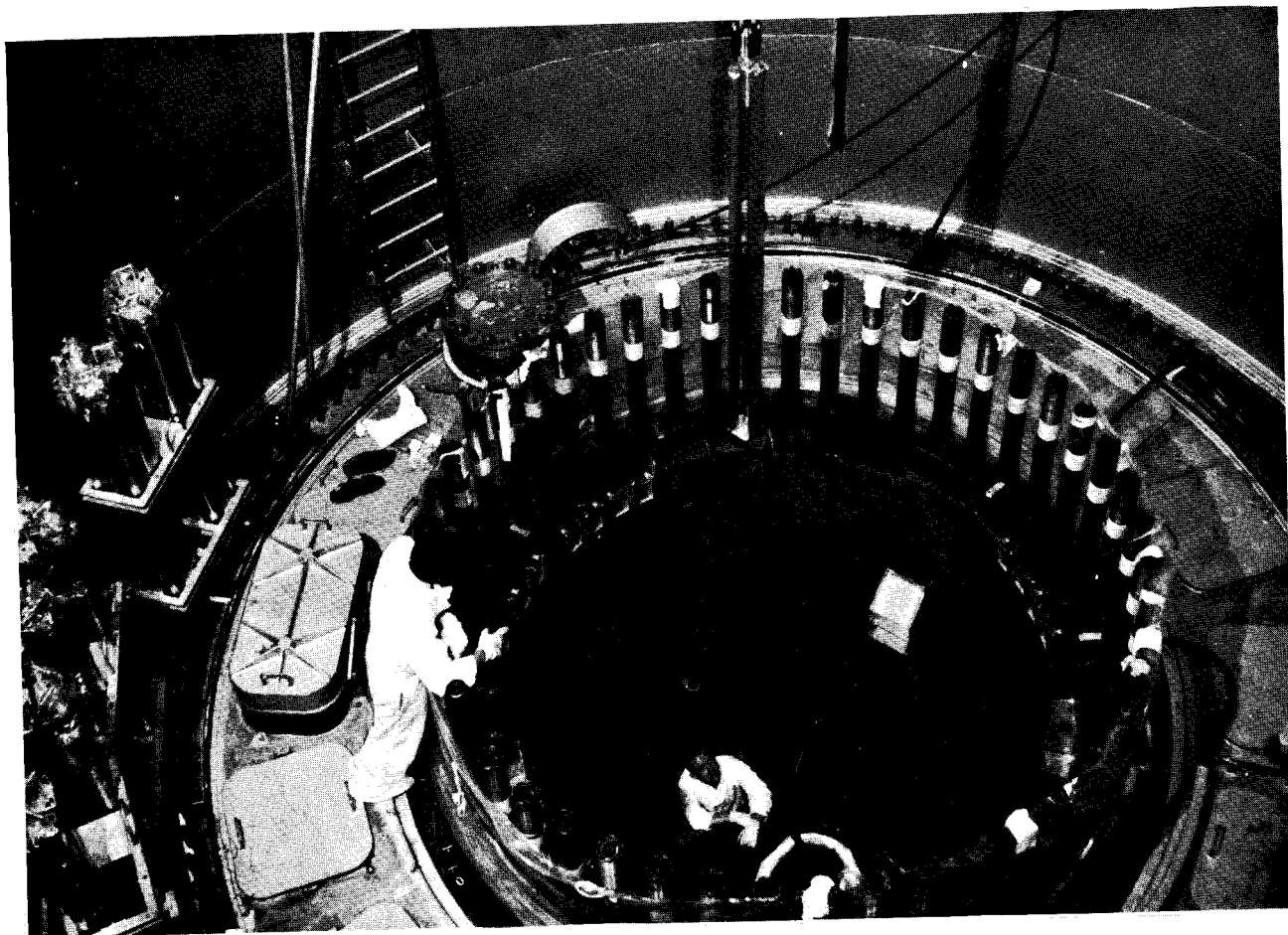
Vergelijking tussen gemeten- en berekende aksiale vermogensverdelingen



Het inhijzen van het reaktorvat in januari 1968



Bovenaanzicht reaktorvat.



Het laden van de splijtstof.



Regelzaal kernenergiecentrale Dodewaard.

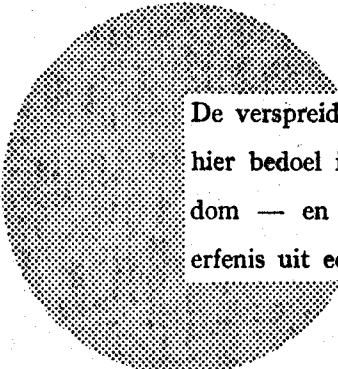
BERICHT AAN DE LEZERS

Alle rapporten van Euratom worden, bij verschijning, aangekondigd in het maandblad **EURATOM INFORMATION**, uitgegeven door het Centrum voor Informatie en Documentatie (CID). Voor het verkrijgen van een abonnement (hfl 54, bfrs 750 per jaar), of voor de aanvraag van een proef-exemplaar, gelieve men zich te wenden tot :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Duitsland)

of tot

**Centrale de vente des publications
des Communautés européennes**
37, rue Glesener
Luxembourg



De verspreiding van kennis is de verspreiding van welvaart — en hier bedoel ik de collectieve welvaart en niet de individuele rijkdom — en bij welvaart verdwijnt geleidelijk het kwaad, onze erfenis uit een donker verleden.

Alfred Nobel

BELANGRIJKE MEDEDELING

Alle Euratom-rapporten zijn verkrijgbaar bij de volgende kantoren tegen de prijzen vermeld op de keerzijde van het dekblad (in geval van schriftelijke bestelling gelieve het EUR-nummer en de titel vermeld op het dekblad te willen opgeven).

CENTRALE DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

37, rue Glesener, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBAD
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

LUXEMBOURG

CENTRALE DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
37, rue Glesener - Luxembourg

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15^e

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

EURATOM — C.I.D.
29, rue Aldringer
L u x e m b o u r g